



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÝ PROJEKT VÝROBY SOUČÁSTI

TECHNOLOGICAL PROJECT OF COMPONENT MANUFACTURING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Beháň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jakub Beháň**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technologický projekt výroby součásti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výroba zadané součásti je navržena standardním způsobem pro univerzální stroje. Tato výchozí situace se upravuje na vyšší verzi dle technických možností, kterými současná doba disponuje, tj. CNC stroje. Berou se v úvahu jen školní podmínky, kde výroba vzorku součásti probíhá.

Cíle bakalářské práce:

- Konstrukce součásti ve 3D softwaru.
- Podmínky výroby.
- Sestavení technologického procesu.
- Výroba vzorku součásti.
- Technicko-ekonomické zhodnocení včetně ekologie.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

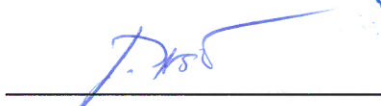
SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

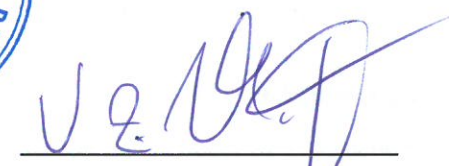
ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 9. 10. 2018


prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu




doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavným cieľom bakalárskej práce je nahradit' štandardný spôsob výroby pre univerzálne stroje vyššou verziou podľa technických možností, ktorými súčasná doba disponuje, tj. CNC strojmi. Úvodná časť bakalárskej práce sa zaoberá charakteristikou zvoleného dielu. Nasledujúca časť popisuje návrh výroby pre univerzálne stroje. Návrh spočíva vo vyhotovení technologického postupu a popisu použitých univerzálnych strojov, nástrojov. Ďalšia časť posúva aktuálny technologický postup na vyššiu úroveň, a to použitím CNC technológií. Po zhotovení technologického postupu nasleduje výroba vzorku a to ako predposledná kapitola. Posledná kapitola spočíva vo vyhodnotení technicko-ekonomického zhodnotenia vrátane ekológie. V záverečnej časti je bakalárska práca rozšírená o kapitolu diskusia, ktorej úlohou je uviesť alternatívu výroby za použitia technológie sústruženia.

Kľúčové slová

technologický postup, CNC, šnekový hriadeľ, šnekové ozubenie, simulácia obrábania

ABSTRACT

The primary objective of this bachelor thesis is to replace the standard method of manufacturing for universal machines with a higher version according to the technical opportunities that are possible nowadays, ie. CNC machines. The introductory part of the thesis describes the characteristics of the selected part. The following section describes the proposal for universal machines. The proposal consists of the elaboration of the technological procedure and description of used universal machines and tools. The next part moves the current technological process to a higher level, using CNC technology. After the technological process is made, the production of sample is described in the penultimate chapter. The last chapter is based on evaluation of technical-economic aspects including ecology. In the final part, the bachelor thesis is extended with a chapter of discussion, whose task is to introduce an alternative production using turn technology.

Key words

technological process, CNC, worm shaft, worm gear, simulation of machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

BEHÁŇ, Jakub. *Technologický projekt výroby součásti*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 48 s. 10 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na téma **Technologický projekt výroby součásti** vypracoval/la samostatne s použitím odborné literatúry a prameňov, uvedených na zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

Dátum

Jakub Behán

POĎAKOVANIE

Ďakujem týmto vedúcemu bakalárskej práce Ing. Milanovi Kalivodovi z VUT v Brne za cenné pripomienky a rady, odborné vedenie a čas, ktorý mi venoval pri zodpovedaní odborných a praktických otázok spojených s bakalárskou prácou.

Ďalej by som rád poďakoval pánovi Jiřímu Čechovi z VUT v Brne za sprostredkovanie výroby.

Zároveň ďakujem pánovi Janovi Pokornému z VUT v Brne, ktorý mi zvolenú súčiastku pomohol vyrobiť a taktiež za jeho rady, poznatky týkajúce sa technológie obrábania.

V neposlednom rade chcem hlavne poďakovať svojej rodine za poskytnuté zázemie, podporu a motiváciu počas celej doby štúdia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PREHLÁSENIE.....	5
POĎAKOVANIE	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA VYBRANEJ SÚČIASTKY	10
1.1 Výkresová dokumentácia súčiastky	10
1.2 Normalizované súčiastky	11
1.3 Konštrukcia súčiastky v 3D software.....	11
1.3.1 Postup vytvorenia 3D modelu.....	12
2 NÁVRH VÝROBY SÚČIASTKY PRE UNIVERZÁLNE STROJE	13
2.1 Navrhnuté univerzálne stroje	13
2.2 Navrhnuté nástroje	16
2.3 Technologický postup pre univerzálne stroje	17
2.4 Podmienky výroby	20
3 VYTVORENIE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY SÚČIASTKY PRE CNC STROJE.....	21
3.1 Zvolené stroje.....	21
3.2 Zvolené nástroje	22
3.3 Technologický postup pre CNC stroje.....	23
3.4 Vytvorenie simulácie obrábania.....	27
4 VÝROBA VZORKU SÚČIASTKY	29
4.1 Popis obrábacieho centra.....	29
4.1.1 Technické parametre sústružníckeho centra	30
4.1.2 Riadiaci systém v stroji.....	30
4.2 Popis výroby šnekového hriadeľu.....	31
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE VRÁTANE EKOLÓGIE	34
5.1 Výrobné náklady	34
5.2 Spotreba elektrickej energie	35
5.3 Celkové náklady.....	36
5.4 Ekologické hľadisko	37
6 DISKUSIA.....	38
6.1 Alternatívne prevedenie výroby	38
6.2 Použitý materiál pre vyrobenú vzorku	39
ZÁVER	40

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	42
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	46
ZOZNAM PRÍLOH.....	48

ÚVOD

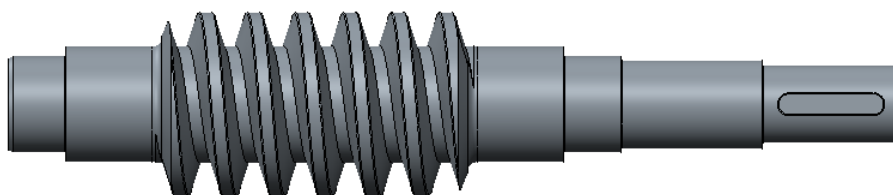
Výroba súčiastok je neodlučiteľnou časťou strojárkeho sveta. Práve výroba pomocou obrábacích strojov patrí medzi tie najviac rozšírené. Postupným rozvojom strojárkeho priemyslu sa obrábacie stroje posunuli obrovským krokom vpred. Napríklad ručne ovládané stroje sa stali plne automatickými, kde po naprogramovaní ľudská ruka počas procesu nemusí zasiahnuť. Tento výrazný pokrok majú za následok CNC technológie. To akým technickým sortimentom dnešná doba disponuje je priam až neuveriteľné. Práca na CNC strojoch a výroba pomocou nich je o mnoho presnejšia, rýchlejšia a teda aj kvalitnejšia. To čo v minulosti predstavovalo problematickú až nemožnú výrobu na ručných univerzálnych strojoch, dnes na CNC strojoch je mnohých prípadoch bezproblémové.

Vývojom CNC strojov sa výroba výrazne uľahčila, ale navrhnutie správneho technologického postupu zostalo rovnako dôležité a v niektorých prípadoch zložité. Technologický postup závisí od typu, zložitosti súčiastky a od strojov, nástrojov ktoré máme k dispozícii. Zostaviť tento proces je úlohou každého technologa. Správne vytvorený technologický postup by mal dodržať všetky potrebné náležitosti ktoré sú uvedené vo výkresovej dokumentácii vyrábaného dielu. Asi najdôležitejším parametrom technologa sú dosiahnuté skúsenosti. Na základe nich je kvalita a efektivita technologického procesu spolu s výrobou výrazne lepšia.

V tomto prípade je bakalárska práca určená na výrobu šnekového hriadeľa. Výroba šnekového hriadeľa, inak povedané valcového šneku je obecné dosiahnuteľná sústružením alebo frézovaním. Na dokončenie je využívaná operácia brúsenie. Sústruženie sa vykonáva tvarovým nožom na univerzálnych sústruhoch, a to hlavne pre šneky s malým modulom, ktoré sú len v malých počtoch. Frézovaním sú šneky vyrábané na odvaľovacích alebo univerzálnych frézovačkách pomocou tvarových, alebo kotúčových fréz [1].

Vzhľadom k tomu, že výroba šnekov patrí medzi náročné výrobné postupy z hľadiska použitia strojov, nástrojov, vytvorenia technologického postupu, dosiahnutia požadovaných akostí povrchu a všetkých typov tolerancií je vyrobený šnekový hriadeľ poňatý len ako teoretická, učebná pomôcka, respektíve vzorka. Tým pádom nie sú kladené dôrazy na dodržanie všetkých typov tolerancií a akostí povrchu tak ako uvádza výkresová dokumentácia.

Bakalárka práca je napísaná ako vytvorenie vyššej verzie výroby šnekového hriadeľa a to pomocou CNC technológie, ktorými dnešná doba disponuje. Na vytvorenie 3D modelu šnekového hriadeľa boli niektoré počiatkové hodnoty (rozmery) použité zo zdroja [2].



Obr. 1 Model šnekového hriadeľa.

1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA VYBRANEJ SÚČIASTKY

Zvolenou súčiastkou je šnekový hriadeľ. Jedná sa o valcový šnek s atypickým uhlom profilu ktorého hodnota je $\alpha = 17,5^\circ$. Vo väčšine prípadov je uhol profilu $\alpha = 20^\circ$ [3]. Obecne výroba všetkých typov ozubení patrí medzi veľmi náročné operácie. V tomto prípade je výroba ozubení respektíve šneku uskutočnená pomocou sústruženia. V jednotlivých podkapitolách sú rozobraté hlbšie detaily a postupy.

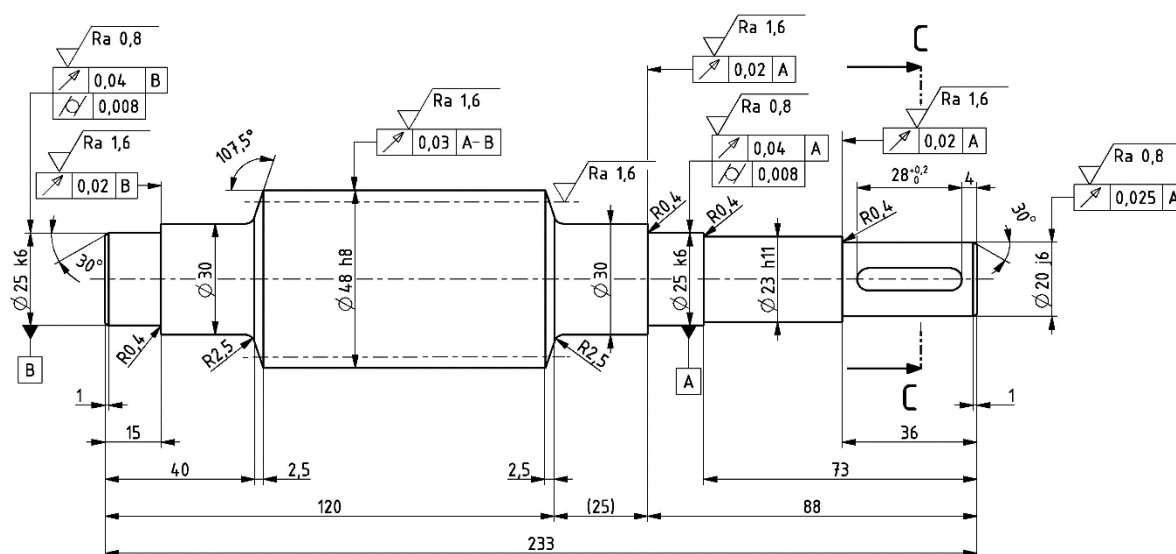
1.1 Výkresová dokumentácia súčiastky

Výkres šnekového hriadeľa je priložený do prílohy 1. Použitý typ formátu výkresu je A3, práve preto je do práce vložený len ako príloha. Na výkrese sú predpísané rôzne dĺžkové tolerancie, geometrické tolerancie a akosť povrchu. Dôvodom použitia medzných odchýlok na niektorých osadeniach hriadeľa, je jeho uloženie v zostave. Akosť povrchu je v podstate závislá na týchto odchýlkach. Osadenie na oboch stranách hriadeľa $\phi 25$ k6 je určené pre valivé, jednoradové, guľkové ložiská. Ďalšie osadenie $\phi 20$ j6 je určené pre ozubené koleso, cez ktoré sa prenáša krútiaci moment. Výsledné typy uloženia sa nazývajú prechodné. Tolerančná trieda rozmeru 6 P9 je určená pre vkladanie pera. Intervaly jednotlivých medzných odchýlok sú uvedené v tabuľke 1.1 [4; 5].

Geometrické tolerancie osadení sú z dôvodu zachovania správneho fungovania šnekového hriadeľa a normalizovaných súčiastok. Vhodné hodnoty valcovitosti, čelného a obvodového hádzania majú výrazný vplyv na trvanlivosť valivého uloženia. Obdobne to platí aj pre uloženie ozubeného kolesa [4].

Tab. 1.1 Hodnoty medzných odchýlok [5; 6].

Tolerovaný rozmer [mm]	Medzné odchýlky [mm]
$\phi 25$ k6	+0,015/+0,002
$\phi 20$ j6	+0,009/-0,004
$\phi 48$ h8	0,000/-0,039
$\phi 23$ h11	0,000/-0,130
6 P9	-0,012/-0,042



Obr. 2 Schematické znázornenie časti výkresu.

Hlavným parametrom všetkých typov ozubení je modul a počet zubov. V tomto prípade je počet zubov $z_1 = 1$ a modul $m = 4$ mm. Uhol profilu šneku a ostatné dopočítané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1.2. Tabuľka údajov šnekového hriadeľa musí byť uvedená na výkrese, inak nie je možné súčiastku vyrobiť. Keďže súčiastka plní len teoretickú funkciu, v tabuľke nie sú uvedené všetky údaje o spoluzaberajúcom kolese [3].

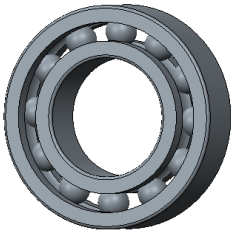
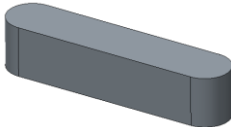
Tab 1.2 Údaje ozubení šnekového hriadeľa [3; 4].

Názov	Označenie	Hodnota
Súčiniteľ priemeru šneku	q	10
Modul	m	4
Počet zubov	z_1	1
Zmysel stúpania bočnej krivky	-	PRAVÝ
Priemer základnej kružnice	d_{a1}	48
Priemer roztečnej kružnice	d	40
Priemer pätnickej kružnice	d_{f1}	30,4
Stúpanie závitov šneku	p_z	12,566
Uhol profilu	α	17,5°
Roztečný uhol stúpania	γ	5,71°
Uhol os	Σ	90°

1.2 Normalizované súčiastky

Táto podkapitola má za úlohu priblížiť jednotlivé normalizované súčiastky, ktoré by v praxi boli montované na jednotlivé osadenia a drážky. Uvedenie týchto súčiastok je dôležité z dôvodu, že umožnia lepšie predstavenie budúcej funkcie vyrobenej súčiastky. Spomenuté normalizované súčiastky sú uvedené v tabuľke 1.3.

Tab. 1.3 Normalizované súčiastky [5].

Normalizované súčiastky	
Ložisko ČSN 02 4630 – 6005 	Pero ČSN 02 2562 – 6e7 x 6 x 28 

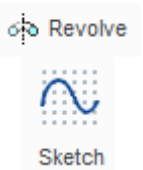
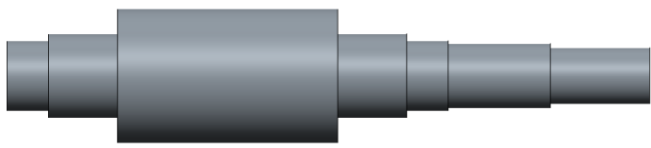

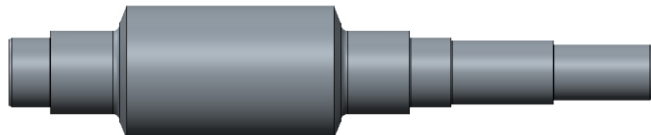

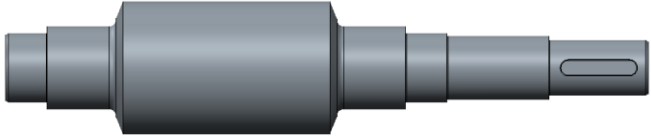
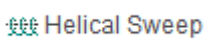
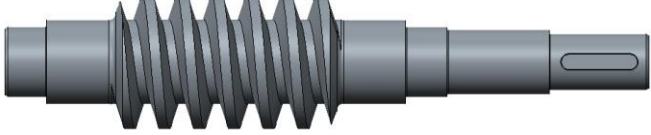
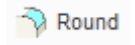

1.3 Konštrukcia súčiastky v 3D software

3D model šnekového hriadeľa bol vytvorený v študentskej verzii softwaru Creo Parametric 2.0. Jedná sa o výkonný software od americkej spoločnosti PTC. Hlavnou výhodou tohto softwaru je stabilita vytvorených dielov, alebo zostáv spolu s parametrickým modelovaním. Software Creo Parametric je radený medzi používateľsky náročné softwary, avšak pri pochopení a prispôbení sa jeho užívateľskému rozhraniu je vynikajúcim nástrojom pri tvorbe akýchkoľvek 3D modelov, zostáv, výkresov, atď.

1.3.1 Postup vytvorenia 3D modelu

Zjednodušené znázornenie postupu modelovania je zobrazené v tabuľke 1.4. Pre jednoduchosť, pomocné modelovacie prvky ako napríklad použité väzby, skice, kresliace príkazy, nie sú v tabuľke uvedené v použitých prvkoch, ani v popise operácie.

Tab. 1.4 Postup vytvorenia 3D modelu.

Č. p.	Použitý prvok	Popis použitého prvku	Výsledný stav 3D modelu
1.		-nakreslenie 2D skice - rotácia okolo osy	
2.		- zrazenie hrán - zaoblenie hrán	
3.		- pomocná rovina -odobratie materiálu	
4.		- odobratie materiálu po skrutkovici	
5.		-zaoblenie hrán na skrutkovici a drážke	


2 NÁVRH VÝROBY SÚČIASTKY PRE UNIVERZÁLNE STROJE

Výroba šnekového hriadeľu na univerzálnych strojoch môže byť problematická. Jedná sa hlavne o časť kde prebieha sústruženie šneku. Na univerzálnych strojoch sa manuálne nastavuje posuv na otáčku obrobku. V prípade obrábania šneku (analógia závit) musí byť hodnota posuvu na otáčku obrobku rovnaká ako stúpanie šneku. Hodnoty jednotlivých stúpaní nájdeme v tabuľkách, ktoré sú priložené pri stroji. V tomto prípade je použitý iný druh tabuľky tzv. modulový. Keďže šnek má modul rovný $m = 4$ mm nájdeme v príslušnej tabuľke túto hodnotu. V podstate stúpanie šneku je π násobok modulu. Preto sa musia v predlohe ozubené kolesa vymeniť za sadu kolies obsahujúce napríklad prevod 5·(71:113) čím dosiahneme aproximáciu hodnoty čísla π . Jedná sa o veľmi presnú aproximáciu, preto sa ozubené kolesá so 71 a 113 zubmi vyskytujú často. Poznámka: potrebný prevodový pomer je závislý na konkrétnom type sústruhu a samozrejme na stúpaní vodiacej skrutky. V prípade, že by stúpanie vodiacej skrutky bolo $s_v = 12$ mm, zloženie prevodu pomocou ozubených kolies ($z_1=22$; $z_2=70$; $z_3=80$; $z_4=24$) na dosiahnutie stúpania šneku $s_z = 12,566$ mm by vyzeralo takto $(22:70) \cdot (80:24)$. Pokiaľ nie je možné nastaviť posuv tak, aby sa rovnal stúpaniu šneku, súčiastku nemožno vyrobiť. Z tohto dôvodu sa prechádza na vyššiu úroveň, ktorú poskytujú CNC stroje (viz 3. kapitola) [7; 8].


2.1 Navrhnuté univerzálne stroje

Na výrobu šnekového hriadeľu boli navrhnuté nasledujúce stroje. Jedná sa o stroje bez číslicového riadenia. Podrobný popis strojov je uvedený v tabuľkách 2.1, 2.2, 2.3.


Tab 2.1. Technické parametre pásovej pily na kov [9].

Typ stroju	Označenie stroju	
Pásová píla na kov	BOMAR Easy Cut 275.230 DG	
		
Pracovný rozsah	Jednotka	Hodnota
Výkon motoru	[kW]	1,1
Rýchlosť pílového pásu	[m·min ⁻¹]	40-80
Najmenší rezaný priemer	[mm]	5
Dĺžka najkratšieho zvyšku	[mm]	20
Stroj		
Celkový inštalovaný výkon	[kVA]	2,7
Výška	[mm]	1588
Šírka	[mm]	1150
Dĺžka	[mm]	1477
Hmotnosť	[kg]	370

Tab 2.2. Technické parametre univerzálneho hrotového sústruhu [10].

Typ stroju	Označenie stroju	
Univerzálny hrotový sústruh	SN 400 NA	
		
Pracovný rozsah	Jednotka	Hodnota
Obežný priemer nad ložami	[mm]	410
Obežný priemer nad suportom	[mm]	220
Vzdialenosť medzi hrotmi	[mm]	1000
Max. hmotnosť obrobku	[kg]	1000
Vreteno		
Vrtanie	[mm]	77
Rozsah otáčok	[min ⁻¹]	12,5 - 2000
Výkon hlavného motoru	[kW]	5,5
Suport		
Pracovný posuv pozdĺžny	[mm]	0,05-6,4
Pracovný posuv priečny	[mm]	0,025-3,2
Rychloposuv pozdĺžny	[mm·min ⁻¹]	3000
Rychloposuv priečny	[mm·min ⁻¹]	1500
Stúpanie rezaných závitov		
Metrické	[mm]	0,5-40
Whitworthových	[závit/1“]	1-80
modulových	[modul]	0,25-20
Diametral Pitch	[D. P.]	2-72
Stroj		
Celkový príkon	[kVA]	6,5
Dĺžka	[mm]	2595
Šírka	[mm]	1100
Výška	[mm]	1525
Hmotnosť	[kg]	1795

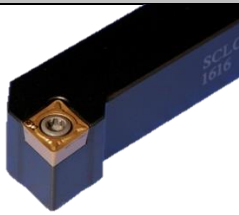



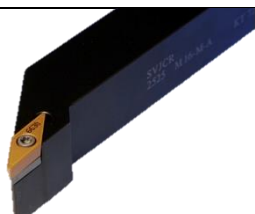






Tab. 2.3. Technické parametre vertikálnej konzolovej frézky [11].

Typ stroju	Označenie stroju	
Vertikálna konzolová frézka	F2-VR	
		
Pracovný rozsah	Jednotka	Hodnota
Pozdĺžny pojazd – osa X	[mm]	840
Priečny pojazd – osa Y	[mm]	376
Zvislý pojazd – osa Z	[mm]	420
Max. zaťaženie stolu	[kg]	200
Pracovný stôl		
Upínacia plocha	[mm]	250 x 1100
Pracovný posuv pozdĺžny – osa X	[mm]	28-630
Pracovný posuv priečny – osa Y	[mm]	28-630
Pracovný posuv zvislý – osa Z	[mm]	8,5-196
Rychloposuv pozdĺžny – osa X	[mm·min ⁻¹]	1500
Rychloposuv priečny – osa Y	[mm·min ⁻¹]	1500
Rychloposuv zvislý – osa Z	[mm·min ⁻¹]	450
Vreteno		
Kužel'ová dutina	ISO	40
Natočenie vreteníku	[mm]	125
Výkon hlavného motoru	[kW]	3,0
Stroj		
Celkový príkon	[kVA]	12,0
Dĺžka	[mm]	2625
Šírka	[mm]	1730
Výška	[mm]	2270
Hmotnosť	[kg]	1500


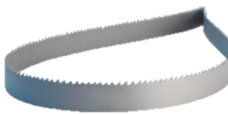
2.2 Navrhnuté nástroje

Navrhnutý technologický sortiment nástrojov a meradiel je zobrazený v tabuľkách 2.4, 2.5, 2.6. Z dôvodu prehľadnosti, sú nástroje rozdelené do jednotlivých tabuliek. Sústružnícke nástroje sú od spoločnosti Dormer Pramet s.r.o. a meradlá sú produktom firmy SOMET CZ s.r.o. V tabuľke 2.4. v časti zobrazenie nástroju sú zobrazené sústružnícke nože s orientáciou „pravé“.




Tab. 2.4. Navrhnuté sústružnícke, vrtacie nástroje pri výrobe na univerzálnom sústruhu [12; 13].

Č. p.	Typ nástroju	Označenie nástroju	Označenie VBD	Zobrazenie nástroju	Zobrazenie VBD
1.	Hrubovací nôž ľavý vonkajší	SCLCL 2525 M12-M-A	CCMT 120408E-FM		
	Hrubovací nôž pravý vonkajší	SCLCR 2525 M12-M-A	CCMT 120408E-FM		
2.	Rádiusový nôž pravý vonkajší	SRSCR 1616 H06	RCMT 0602MOE-UR		
	Rádiusový nôž ľavý vonkajší	SRSCL 1616 H06	RCMT 0602MOE-UR		
3.	Dokonč. nôž ľavý vonkajší	SVJCL 2525 M13	VCMT 130302F-AL		
	Dokonč. nôž pravý vonkajší	SVJCR 2525 M13	VCMT 130302F-AL		
4.	Neutrálly nôž vonkajší	SVVCN 2525 M13	VCMT 130304E-AL		
5.	Upichovací nôž ľavý vonkajší	GFIL 2525 M03	LCMF 031604-F		
6.	Strediaci vrták HSS typ A $\phi 2,5/\phi 6,3$	DIN 333A;	-		-

Tab. 2.5. Navrhnutý frézovací nástroj a pílový pás pri výrobe [13; 14].

Č. p.	Typ nástroju	Označenie nástroju	Zobrazenie nástroju
1.	Fréza valcová čelná AlCrN $\phi 5$	DIN 6527L	
2.	BOMAR pílový pás 2720x27x0,9	M42 6/10z	

Tab. 2.6. Navrhnuté meradlá [15; 16; 17].

Č. p.	Označenie meradla	Zobrazenie meradla	Merací rozsah [mm]
1.	Posuvne meradlo digitálne 251236		0-300
2.	Strmeňový mikrometer 251420		0-25
3.	Listové polomerové šablóny 253816 R		1-7

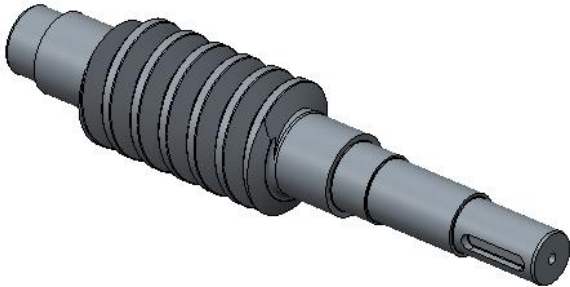
2.3 Technologický postup pre univerzálne stroje

Technologický postup je organizovaný proces kvalitatívnych a kvantitatívnych zmien, ktorými prechádza obrobok pri svojej premene na konečný výrobok. Určuje požadované výrobné zariadenie (stroje), nástroje, prípravky, rezné, pracovné podmienky potrebné pre danú operáciu, tak aby súčiastka bola vyrobiteľná s minimálnymi nákladmi, maximálnou efektívnosťou, a splňovala požiadavky dané výkresovou dokumentáciou [18].

Jednotlivé úkony výroby šnekového hriadeľa sú podrobne popísané v tabuľke 2.7. Proces hrubovania a dokončenia jednotlivých osadení je prevedený na dvoch strojoch, ale rovnakého typu (SN 400 NA) a to z dôvodu dosiahnutia lepšej kvality povrchu. Hrubovacie procesy sústruženia sú navýšené na väčší menovitý rozmer a opatrené toleranciou. Toto navýšenie má za následok, že pri týchto procesoch je možné rozmery dokončiť na požadovaný tolerovaný rozmer. Jedná sa o funkčné plochy pod ložiskami a ozubeným kolesom. Pri hrubovaní drážky pre pero je menovitý rozmer šírky zmenšený, pretože sa jedná o dieru. Opäť je rozmer opatrený toleranciou. Jednotlivé rozmery sú dokončené na výsledný tolerovaný rozmer.

Poznámka: Pri sústružení rádiusu je použitý rádiusový nôž typu SRSCR 1616 H06. Priemer reznej doštičky je rovný 6 mm, z čoho teda vyplýva, že predpísaný polomer 2,5 mm nemôže dosiahnuť. Výsledný polomer bude mať hodnotu 3 mm. Keďže tento polomer leží na ploche, ktorá je nefunkčná, vyrobený rádius s väčšou hodnotou nijak neovplyvní funkciu súčiastky. To isté platí aj pre rádiusový nôž ľavý, ktorý sústruží rádius na opačnej strane.

Tab. 2.7 Technologický postup pre univerzálne stroje [5; 18; 19; 20].

Technologický postup			
Názov súčiastky	Šnekový hriadeľ		
Číslo súčiastky	A3-BP-ÚST-2019		
Materiál	C45E		
Polotovár	φ50–237 ČSN EN 10060		
Hrubá hmotnosť	3,64 kg		
Čistá hmotnosť	1,71 kg		
Č. o.	Stroje, triediace číslo, nástroje	Popis práce	Rezné podmienky
0/0	Pásová píla BOMAR Easy Cut 275.230; 05961; Pílový pás 2720x27x0,9mm; Posuvne meradlo	Upnúť polotovár do zveráku; rezať na dĺžku $L=237\pm0,5$	$v_c = 40 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f - ručný
1/1	Sústruh SN 400 NA; 04112; Hrubovací nôž SCLCR 2525 M12-M-A; Strediaci vrták DIN 333A; Posuvne meradlo	Obrobok upnúť do skľučovadla; zarovnať čelo na dĺžku $L=235\pm0,5$	$v_c = 100 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f = 0,2 mm $a_p = 1 \text{ mm}$
		Vítať strediaci otvor typu A 2,5/6,3	$v_c = 15 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f = 0,1 mm
2/2	Sústruh SN 400 NA; 04112; Hrubovací nôž SCLCR 2525 M12-M-A; Strediaci vrták DIN 333A; Posuvne meradlo	Otočiť obrobok o 180° ; upnúť do skľučovadla; zarovnať čelo na dĺžku $L=233\pm0,5$	$v_c = 100 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f = 0,2 mm $a_p = 1 \text{ mm}$
		Vítať strediaci otvor typu A 2,5/6,3	$v_c = 15 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f = 0,1 mm
3/3	Sústruh SN 400 NA; 04112; Hrubovací nôž SCLCR 2525 M 12-M-A; Posuvne meradlo	Obrobok upnúť medzi hroty; Sústružiť, hrubovať na $\phi 48,5_{-0,2}^0$ po $L=233\pm0,5$ sústružiť, hrubovať na $\phi 30,5_{-0,2}^0$ po $L=113\pm0,3$; dbať na rádius $R=2,5$; sústružiť, hrubovať na $\phi 25,5_{-0,2}^0$ po $L=88\pm0,3$; sústružiť, hrubovať na $\phi 23,5_{-0,2}^0$ po $L=73\pm0,2$; sústružiť, hrubovať na $\phi 20,5_{-0,2}^0$ po $L=36\pm0,2$; zraziť hranu po $L=1\pm0,1 \text{ mm}$ pod uhlom $30^\circ\pm1^\circ$	$v_c = 130 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ f = 0,15 mm $a_p = 1,5 \text{ mm}$

FSI VUT	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	List 19
---------	------------------	---------

4/4	Sústruh SN 400 NA; 04112; Rádiový nôž SRSCR 1616 H06; Rádiové mierky	Sústružiť rádius $R=2,5\pm0,2$	$v_c = 70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ mm}$
5/5	Sústruh SN 400 NA; 04112; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M 13;	Zrazenie špeciálneho uhlu $17,5^\circ\pm0^\circ30'$	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$
6/6	Sústruh SN 400 NA; 04112; Hrubovací nôž SCLCL 2525 M 12-M-A; Posuvne meradlo	Sústružiť, hrubovať na $\phi 30,5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$ po $L=40\pm0,3$; dbat' na rádius $R=2,5\pm0,2$; sústružiť, hrubovať na $\phi 25,5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$ po $L=15\pm0,2$; zraziť hranu na dĺžke $1\pm0,1 \text{ mm}$ pod uhlom $30^\circ\pm1^\circ$	$v_c = 130 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,15 \text{ mm}$ $a_p = 1,5 \text{ mm}$
7/7	Sústruh SN 400 NA; 04112; Rádiový nôž SRSC 1616 H06; Rádiové mierky	Sústružiť rádius $R=2,5\pm0,2$	$v_c = 70 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ mm}$
8/8	Sústruh SN 400 NA; 04112; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M 13;	Zrazenie špeciálneho uhlu $17,5^\circ\pm0^\circ30'$	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$
9/9	Sústruh SN 400 NA; 04112; Dokončovací nôž SVJCR 2525 M13; Mikrometer; Posuvne meradlo	Sústružiť, dokončiť na $\phi 48 \text{ h8}$ po $L=80\pm0,3$; sústružiť, dokončiť na $\phi 30$ po $L=25\pm0,2$; sústružiť, dokončiť na $\phi 25 \text{ k6}$ po $L=15\pm0,2$; sústružiť, dokončiť na $\phi 23 \text{ h11}$ po $L=37\pm0,3$; sústružiť, dokončiť na $\phi 20 \text{ j6}$ po $L=36\pm0,3$;	$v_c = 160 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$
10/10	Sústruh SN 400 NA; 04112; Dokončovací nôž SVJCL 2525 M13 Mikrometer; Posuvne meradlo	Sústružiť, dokončiť na $\phi 30$ po $L=25\pm0,2$; sústružiť, dokončiť na $\phi 25 \text{ k6}$ po $L=15\pm0,2$	$v_c = 160 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$
11/11	Sústruh SN 400 NA; 04112; Upichovací nôž GFIL 2525 M03; Posuvne meradlo	Natočiť nôž GFIL 2525 M03 a nôž SVVCN 2525M13 o rozteč. uhol stúpania $\gamma = 5,7^\circ\pm0^\circ10'$ Sústružiť, hrubovať šnek na $\phi 31 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$ so stúpaním $12,566$ po dĺžke $L=80\pm0,3$	$n = 280 \text{ min}^{-1}$ $f = 12,566 \text{ mm}$ $a_p = 0,1 \text{ mm}$

12/12	Sústruh SN 400 NA; 04112; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M 13; Posuvne meradlo	Sústružiť, hrubovať ľavú stranu profilu na $\phi 31_{-0,2}^0$ so stúpaním 12,566 po dĺžke $L=80\pm 0,3$	n = 280 min ⁻¹ f = 12,566 mm a _p = 0,1 mm
		Sústružiť, hrubovať pravú stranu profilu na $\phi 31_{-0,2}^0$ so stúpaním 12,566 po dĺžke $L=80\pm 0,3$	
13/13	Sústruh SN 400 NA; 04112; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M 13; Upichovací nôž GFIL 2525 M03; Posuvne meradlo	Sústružiť, dokončiť šnek na $\phi 30,4$ so stúpaním 12,566 po dĺžke $L=80\pm 0,3$	n = 320 min ⁻¹ f = 12,566 mm a _p = 0,1 mm
14/14	Frézka F2 V-R; 05224; Fréza valcová čelná $\phi 5$ DIN 6527L; Posuvne meradlo	Upnúť do zveráku; frézovať, hrubovať drážku na šírku $5,4_{0}^{+0,2}$ na dĺžku $27,5\pm 0,2$ do hĺbky $3,5_{-0,2}^0$	n = 1000 min ⁻¹ f _z = 0,02 mm a _p = 1 mm
		Frézovať, dokončiť drážku na šírku 6 P9, dĺžku $28_{0}^{+0,2}$ do hĺbky $3,5_{0}^{+0,2}$	n = 1200 min ⁻¹ f _z = 0,01 mm a _p = 0,2 mm
15/15	Práčka; 26313	Vyčistiť šnekový hriadeľ	-
16/16	OTK; 09863; Posuvné meradlo; Mikrometer	Kontrola vzhľadom 100 %; kontrola priemerov $\phi 20$ j6; $\phi 25$ k6; $\phi 23$ h11; kontrola šírky drážky 6 P9; kontrola ozubení	-

2.4 Podmienky výroby

Výroba šnekových hriadeľov je podmienená sériovosťou výroby. V tomto prípade je odhadovaný počet 30000 kusov za rok, a to za predpokladu, že výroba bude prebiehať nepretržite 24 hodín denne a 7 dní v týždni. Medzi predpoklady taktiež patrí bezporuchovosť strojov a minimálny počet vyrobených nepodarkov. Keďže takýto stav je takmer nereálny pre napríklad menšie firmy, ktoré by sa na výrobe mohli taktiež podieľať, je 24 hodinový cyklus skrátený na 12 hodinový a počet dní v týždni je len pracovný. Pri týchto predpokladoch je odhadovaný počet kusov približne 21500. Rovnako ako v predošlom prípade je uvažovaný bezporuchový stav a minimálny počet nepodarkov. Pomocou týchto odhadovaných čísel je kompetentná, respektíve poverená osoba schopná rozhodnúť z ekonomického hľadiska o budúcom stave výroby. Ako je spomenuté, jedná sa len o hrubý odhad, preto v prípade potreby je možné sériovosť rôzne navýšiť.

Dôležitým poznatkom je, že sústružením vo veľkých sériách sa šnekové ozubení nevyrábajú (vyrábajú sa frézovaním na univerzálnych, alebo odvalovacích frézkach, a ako nástroje sú použité kotúčové alebo čapové priamoboké alebo tvarové frézy). Preto, by bolo veľmi otáznave zahájenie výroby. Výroba šnekových hriadeľov sústružením je vhodná len pre malé série, ako je poznamenané v úvode, podľa literatúry [1].

3 VYTVORENIE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY SÚČIASTKY PRE CNC STROJE


Technologický postup patrí medzi najdôležitejšie úlohy, ktoré sú realizované vo výrobných podnikoch, dielňach, atď. Podstatou technologického postupu je zachytenie správneho poradia práci, tak aby sa z polotovaru stal výrobok odpovedajúci danej výkresovej dokumentácii. Ďalším dôležitým poznatkom je, že technologický postup musí byť čo najdokonalejší. Sled jednotlivých operácií nesmie byť náhodný, pretože výsledné požiadavky by nebolo možné splniť. Je snahou, aby všetky činnosti technologického postupu boli čo najefektívnejšie a v požadovanej kvalite [18; 21].

Vyššia úroveň predošlého technologického postupu je vytvorená z dôvodu, že nie je vždy možné vyrobiť zadanú súčiastku na univerzálnych strojoch. Jedná sa napríklad o: problematické stúpanie, rádiusy, kontúry a podobne. Vyššou úrovňou je myslené, použitie číslicovo riadeného stroja. V tomto prípade sa jedná o sústružnicke centrum SP 280 SY.

3.1 Zvolené stroje

Jednotlivé zvolené stroje sú popísané v tabuľke 3.1. a 4.1. Tabuľka 3.1. popisuje technické parametre pásovej pily na kov. Technické parametre sústružnickeho centra sú zobrazené až v 4. kapitole, konkrétne podkapitola 4.1.1. Je to z toho dôvodu, že výroba vzorku šnekového hriadeľu reálne prebiehala na tomto type sústružnickeho centra, preto je venovaná celá podkapitola popisu stroja od hlavných častí až po riadiaci systém v stroji.

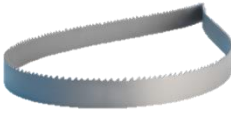
Tab 3.1. Technické parametre pásovej pily na kov [22].

Typ stroju	Označenie stroju	
Pásová píla na kov	BOMAR ERGONOMIC 320.250 G	
		
Pracovný rozsah	Jednotka	Hodnota
Výkon motoru	[kW]	1,1
Rýchlosť pílového pásu	[m·min ⁻¹]	40-80
Najmenší rezaný priemer	[mm]	5
Dĺžka najkratšieho zvyšku	[mm]	40
Stroj		
Celkový inštalovaný výkon	[kVA]	2,8
Výška	[mm]	1270
Šírka	[mm]	1490
Dĺžka	[mm]	1137
Hmotnosť	[kg]	385


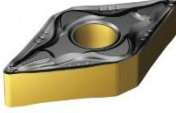







3.2 Zvolené nástroje


Táto podkapitola popisuje zvolené nástroje v tabuľkách 3.2, 3.3, 3.4. V tabuľke 3.3. v časti zobrazenie nástroju sú opäť zobrazené sústružnícke nože orientácie „pravé“. Mnoho nástrojov, je rovnakých ako v predošlom návrhu nástrojov pre univerzálne stroje (napríklad nástroje pre obrobenie šneku a meradlá).

Tab. 3.2. Zvolený pílový pás [23].




Č. p.	Typ nástroju	Označenie nástroju	Zobrazenie nástroju
1.	BOMAR pílový pás 2910x27x0,9	M42 6/10z	

Tab. 3.3. Zvolené sústružnícke, vŕtacie, frézovacie nástroje pri výrobe na sústružníckom centre [12; 13; 24; 25; 26].

Č. p.	Typ nástroju	Označenie nástroju	Označenie VBD	Zobrazenie nástroju	Zobrazenie VBD
1.	Hrubovací nôž ľavý vonkajší	DDJNL 2525 M15	DNMG 150608		
	Hrubovací nôž pravý vonkajší	DDJNL 2525 M15	DNMG 150608		
2.	Dokonč. nôž ľavý vonkajší	SVXCL 2525 M16-M-A	VC GT 160404F-AL		
	Dokonč. nôž pravý vonkajší	SVXCR 2525 M16-M-A	VC GT 160404F-AL		
3.	Neutrálny nôž vonkajší	SVVCN 2525 M16-M-A	VC GT 160404F-AL		
4.	Upichovací nôž ľavý vonkajší	GFIL 2525 M03	LCMF 031604-F		
5.	Strediaci vŕták HSS typ A $\phi 2,5/\phi 6,3$	DIN 333A;	-		-

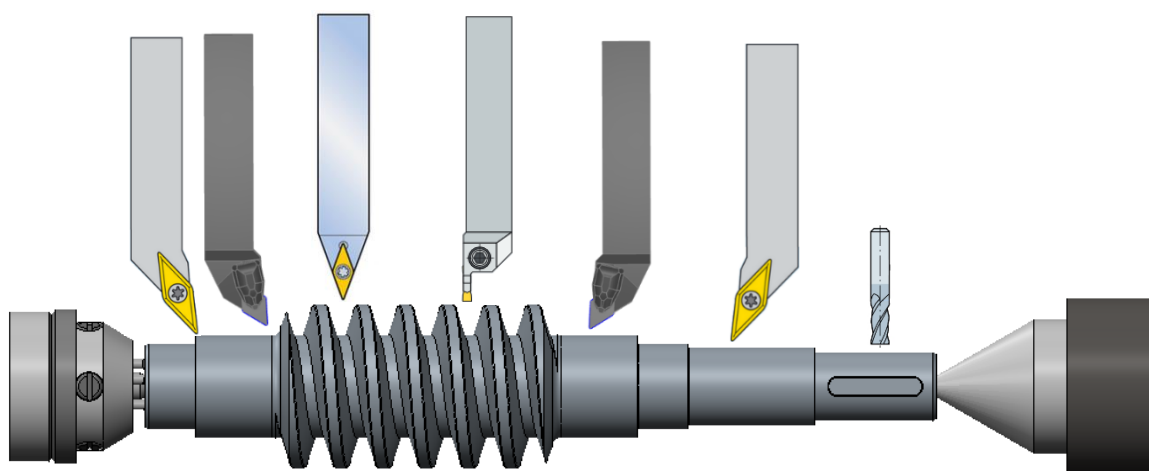
6.	Monolitná karbidová stopková fréza $\phi 4\text{mm}$	R216.34-04030-AS08N 1620	-		-
----	--	--------------------------	---	--	---

Tab. 3.4. Zvolené meradlá [15; 16; 17].

Č. p.	Označenie meradla	Zobrazenie meradla	Merací rozsah [mm]
1.	Posuvne meradlo digitálne 251236		0-300
2.	Strmeňový mikrometer 251420		0-25
3.	Listové polomerové šablóny 253816 R		1-7

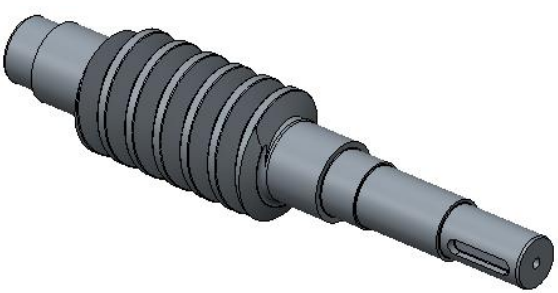
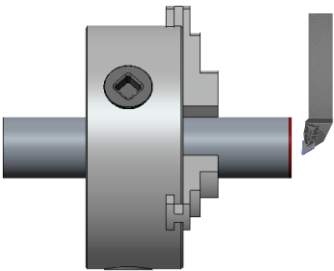
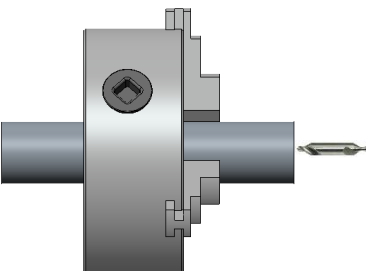
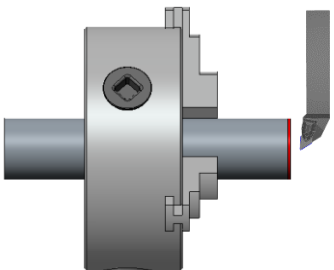
3.3 Technologický postup pre CNC stroje

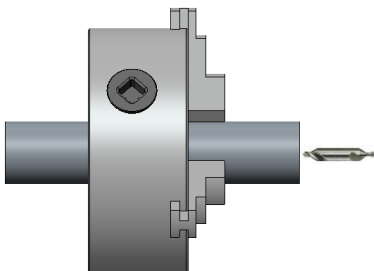
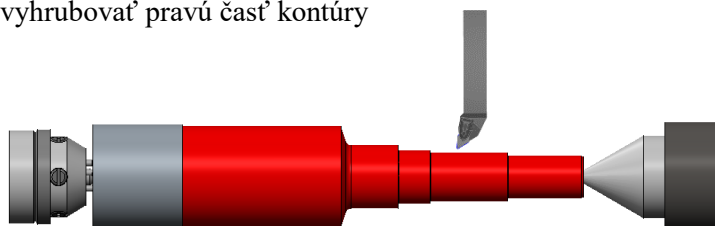
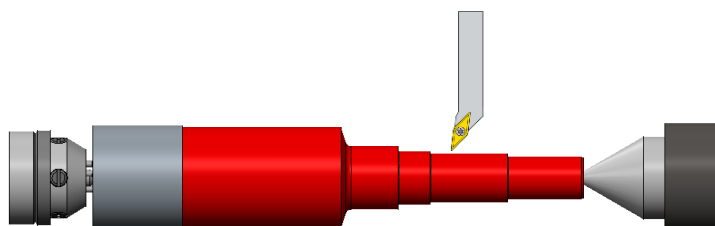
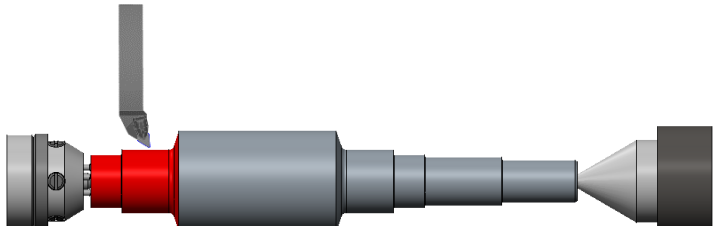
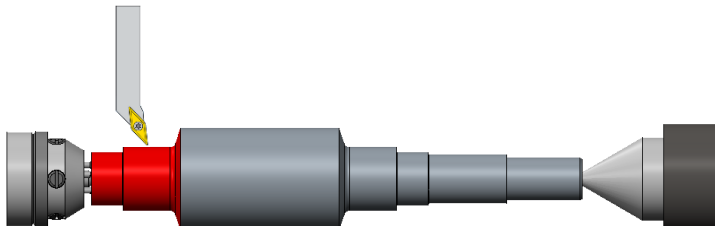
V tejto podkapitole je vytvorený technologický postup pre CNC stroj. Jedná sa o vyššiu nadstavbu pôvodne vytvoreného technologického postupu, ktorý je určený pre univerzálne stroje. Jednotlivé obrázkové postupy, slúžia pre lepšiu orientáciu a lepšie pochopenie popísanej operácie. Presná definícia technologického postupu je uvedená v kapitole 3.

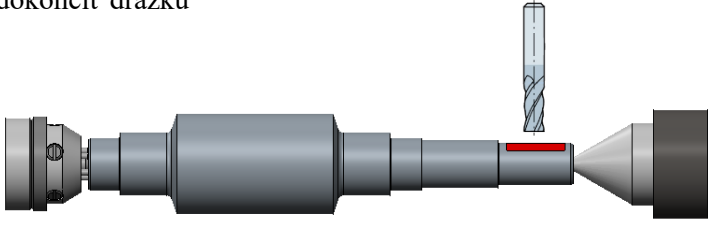
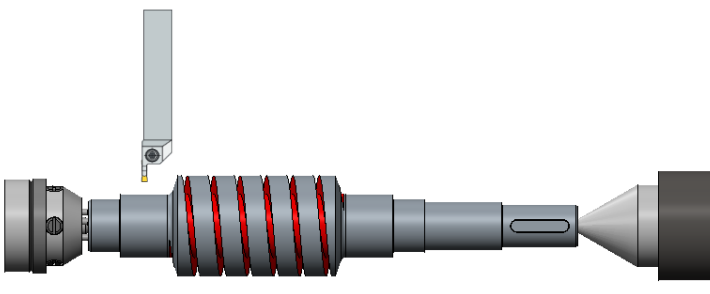
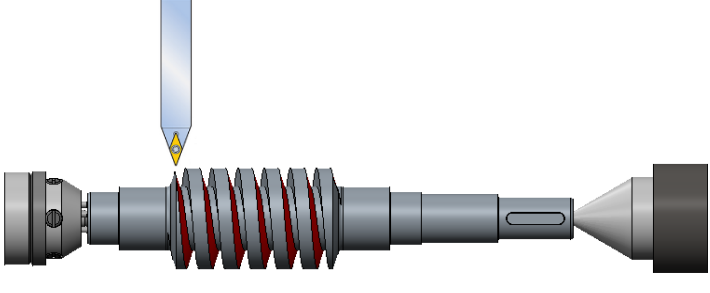
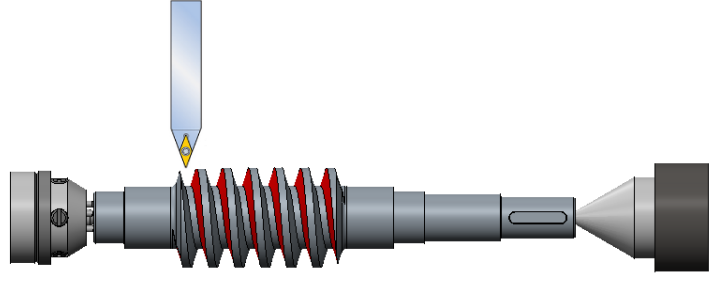


Obr. 3 3D model konečného stavu obrábania spolu s technologickým sortimentom [12; 24; 25; 27].

Tab. 3.5 Technologický postup pre CNC stroje [12; 18; 19; 20; 24; 25; 27; 28].

Technologický postup			
Názov súčiastky	Šnekový hriadeľ		
Číslo súčiastky	A3-BP-ÚST-2019		
Materiál	C45E		
Polotovar	φ50–237 ČSN EN 10060		
Hrubá hmotnosť	3,64 kg		
Čistá hmotnosť	1,71 kg		
Č. o.	Stroje, triediace číslo, nástroje	Popis práce a obrázkový postup	Rezné podmienky
0/0	Pás. píla BOMAR ERGONOMIC; 05961; Pílový pás 2910x27x0,9mm; Posuvne meradlo	Upnúť polotovar do zveráku; rezať na dĺžku L=237±0,5	$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ f - ručný
1/1	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Hrubovací nôž DDJNL 2525 M15; Posuvne meradlo	Upnúť obrobok do skľučovadla; zarovnať čelo na dĺžku L=235±0,5 	$v_c = 160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ f = 0,25 mm $a_p = 1 \text{ mm}$
2/2	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Strediaci vrták DIN 333A; Posuvne meradlo	Vrtať strediaci otvor typu A 2,5/6,3 	$v_c = 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ f = 0,15 mm
3/3	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Hrubovací nôž DDJNL 2525 M15; Posuvne meradlo	Otočiť obrobok o 180 stupňov; upnúť do skľučovadla; zarovnať čelo na dĺžku L=233±0,5 	$v_c = 160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ f = 0,25 mm $a_p = 1 \text{ mm}$

4/4	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Strediaci vrták DIN 333A; Posuvne meradlo	Vítať strediaci otvor typu A 2,5/6,3 	$v_c = 30$ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,15 \text{ mm}$
5/5	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Hrubovací nôž DDJNL 2525 M 15; Posuvne meradlo	Obrobok upnúť medzi hroty; vyhrubovať pravú časť kontúry 	$v_c = 180$ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,25 \text{ mm}$ $a_p = 1,2 \text{ mm}$
6/6	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Dok. nôž SVXCL 2525 M 16; Posuvne meradlo; Mikrometer	Dokončiť pravú časť kontúry 	$v_c = 250$ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$
7/7	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Hrubovací nôž DDJNR 2525 M 15; Posuvne meradlo	Vyhrubovať ľavú časť kontúry 	$v_c = 180$ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,25 \text{ mm}$ $a_p = 1,2 \text{ mm}$
8/8	Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Dok. nôž SVXCR 2525 M 16; Posuvne meradlo; Mikrometer	Dokončiť ľavú časť kontúry 	$v_c = 250$ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,1 \text{ mm}$

9/9	<p>Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Karbidová stopková fréza ϕ 4 mm ISO R216.34-04030; Posuvne meradlo</p>	<p>Frézovať drážku; dokončiť drážku</p> 	<p>$n = 1000 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,03 \text{ mm}$ $a_p = 1 \text{ mm}$</p>
10/10	<p>Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Upichovací nôž GFIL 2525 M03; Posuvne meradlo</p>	<p>Natočiť nôž GFIL 2525 M03 o $\gamma = 5,7^\circ \pm 0^\circ 10'$; odľahčiť šnek - stúpanie šneku = 12,566</p> 	<p>$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $f = 12,566 \text{ mm}$ $a_p = 0,1 \text{ mm}$</p>
11/11	<p>Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M16-M-A; Posuvne meradlo</p>	<p>Natočiť nôž SVVCN 2525 M16 o $\gamma = 5,7^\circ \pm 0^\circ 10'$; hrubovať ľavú stranu profilu šneku; dokončiť ľavú stranu profilu šneku</p> 	<p>$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $f = 12,566 \text{ mm}$ $a_p = 0,1 \text{ mm}$</p>
12/12	<p>Sústruž. centrum SP 280 SY; 44423; Neutrálny nôž SVVCN 2525 M16-M-A; Posuvne meradlo</p>	<p>Hrubovať pravú stranu profilu šneku; dokončiť pravú stranu profilu šneku</p> 	<p>$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $f = 12,566 \text{ mm}$ $a_p = 0,1 \text{ mm}$</p>

13/ 13	Práčka; 26313	Vyčistiť šnekový hriadeľ	-
14/ 14	OTK; 09863; Posuvné meradlo; Mikrometer	Kontrola vzhľadom 100 %; kontrola priemerov $\phi 20$ j6; $\phi 25$ k6; $\phi 23$ h11; kontrola šírky drážky 6 P9; kontrola ozubenia	-

3.4 Vytvorenie simulácie obrábania

Simulácia obrábania bola vytvorená v softvare HMIoperate Turn od spoločnosti EMCO industrial training. Keďže k dispozícii bola len DEMO verzia tohto produktu, nebolo možné vytvoriť dokonalú simuláciu. To znamená, že nie je zobrazený koník ani unášací hrot. Preto je simulácia predpripravená, tak aby ju bolo možné zrealizovať.

Obr. 4 zobrazuje upnutie obrobku. V programe bola vybratá možnosť „koník -áno“, avšak, ako je spomenuté vo vyššom odstavci, koník nebol zobrazený. Na obr. 5 je zobrazený stav po hrubovaní a dokončení pomocou dvoch ľavých nožov.

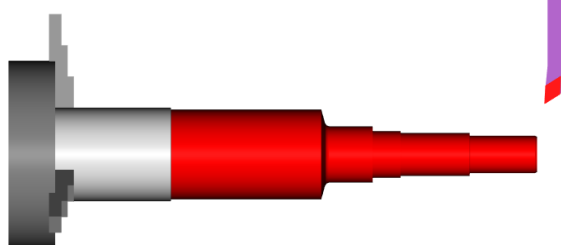
Prebytočný materiál upnutý v skľučovadle je poňatý ako unášač. Nedá sa pracovať s jeho rozmerom, pretože je to prvotne priradený priemer obrábaného polotovaru. Na obr. 6 je zobrazený zapichovací cyklus. Použitie zapichovacieho cyklu je z toho dôvodu, pretože pravým hrubovacím nožom by nebolo možné obrobiť danú kontúru, keďže je v týchto miestach umiestnený virtuálny unášač, s priemerom $\phi 50$ mm. Šírka vytvoreného zápichu je dostatočná na to, aby sa do nej vošiel pravý hrubovací nôž ktorý obrobí a dokončí chýbajúcu časť kontúry (v reálnej výrobe nič podobné nebolo nutné urobiť), viz obr. 7.

Na obr. 8 je možno vidieť frézovanie drážky pre pero a na obr. 9 je zobrazený závitový cyklus prevedený zapichovacím nožom. Obr. 10 a 11 zobrazujú obrábanie tvaru profilu šneku. Obr. 12 zobrazuje konečný stav po obrábaní.

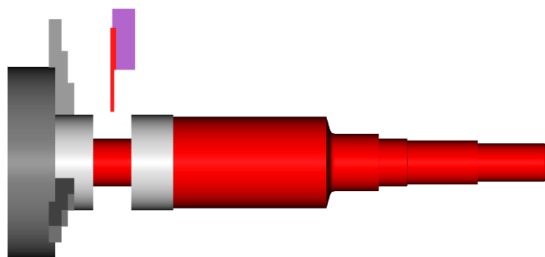
Programovanie v HMIoperate Turn je veľmi intuitívne, dobre spracované, pretože programovacie cykly sú predpripravené a len sa vyplňajú príslušné tabuľky. Tabuľky sú navyše sprevádzané jednoznačnou obrázkovou nápoved'ou, ktorá zobrazí a navedie čo treba do riadku v tabuľke napísať.



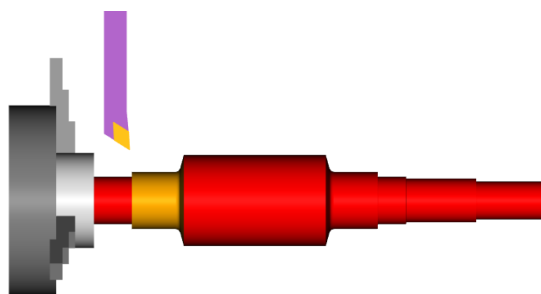
Obr. 4 Počiatočný stav, upnutie obrobku.



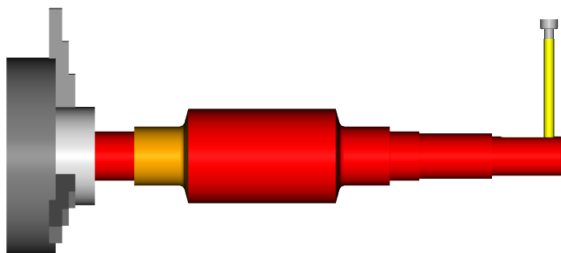
Obr. 5 Hrubovanie a dokončenie pravej časti kontúry.



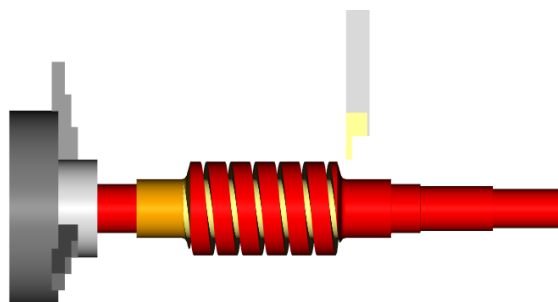
Obr. 6 Vytvorenie zápichu.



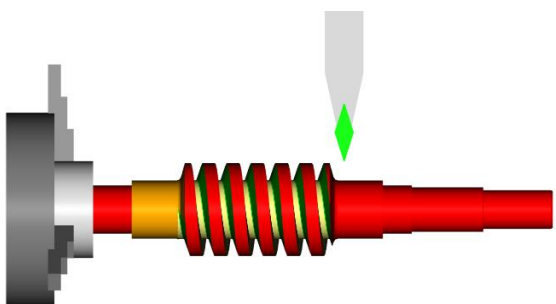
Obr. 7 Hrubovanie a dokončenie ľavej časti kontúry.



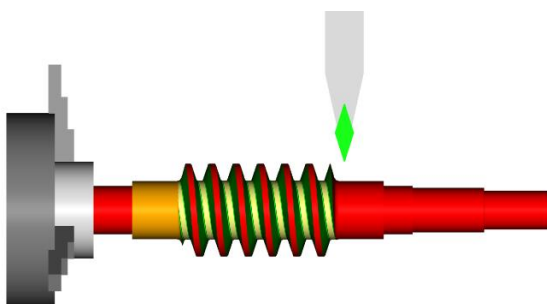
Obr. 8 Frézovanie drážky pre pero.



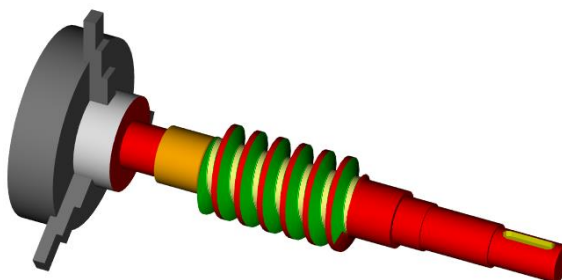
Obr. 9 Odľahčenie šneku závitovým cyklom pomocou zapichovacieho noža.



Obr. 10 Obrobenie pravej strany profilu šneku.



Obr. 11 Obrobenie ľavej strany profilu šneku.



Obr. 12 Konečný stav po obrábání. (viz příloha 2)

4 VÝROBA VZORKU SÚČIASTKY

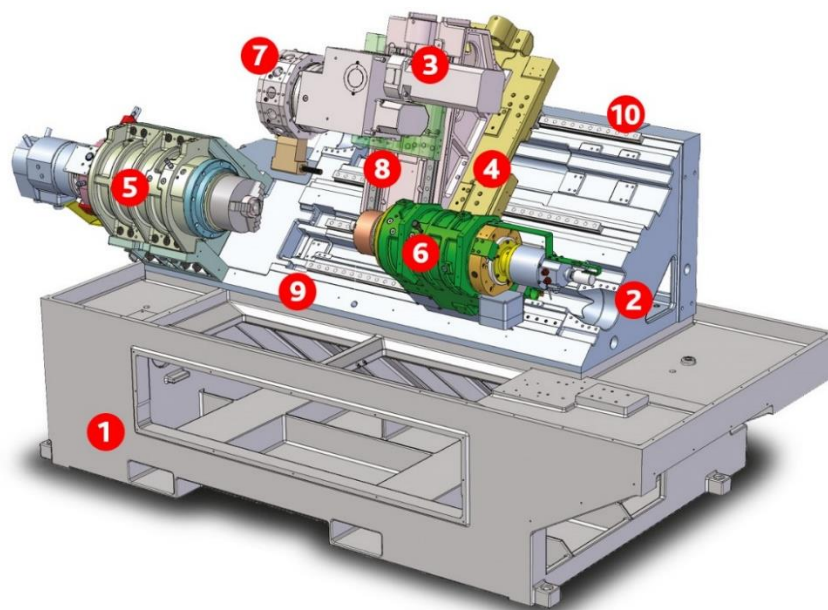
Výroba vzorku šnekového hriadeľu bola uskutočnená v školskej dielni na sústružníckom centre typu SP 180 SY, spolu s ďalšími potrebnými strojmi a nástrojmi bez ktorých by výroba nemohla byť skompletizovaná. Úlohou tejto kapitoly teda je stručne popísať výrobu vzorky, uviesť a popísať základné parametre sústružníckeho centra. Poznámka: uvedená operácia v technologickom postupe (viz tabuľka 3.5 č. operácie 13/13) vyčistiť šnekový hriadeľ nebola vykonaná, pretože dielňa nedisponuje práčkou.

4.1 Popis obrábacieho centra

Sústružnícke centrum typu SP 180 SY s robustným základom a ložami dodáva stroju vysokú tuhosť. Suporty lineárnych os, teleso koníka jazdia vo valivom vedení a dodávajú vysokú presnosť polohovania a interpolovaného pohybu os suportu. Stroj je vhodný pre malosériové výroby ale aj pre veľkosériové výroby. Ďalšou výhodou je programovateľný pohyb telesa koníka, čím sa redukuje nutné zásahy obsluhy do obrábacieho procesu [29].

Základná koncepcia stroja je tvorená [30]:

1. Základ stroja
2. Lože
3. Sane – posuv v ose Y
4. Sane – posuv v ose Z1
5. Hlavné vreteno
6. Protivreteno
7. Nástrojová hlava
8. Valivé vedenie – osa X1
9. Valivé vedenie – osa ZS
10. Valivé vedenie – osa Z1



Obr. 13 Hlavné časti obrábacieho centra [30].

4.1.1 Technické parametre sústružníckeho centra

Vybrané technické parametre sústružníckeho centra sú uvedené v tabuľke 4.1. V danej tabuľke nie sú vypísané všetky technické parametre, ktoré katalóg uvádza. Boli vybrané len tie najdôležitejšie ako sú napríklad maximálne rozmery obrábania, posuvy, otáčky a výkony. V podstate sú vybrané len tie parametre, ktoré boli potrebné v tejto práci, či už pri výrobe, alebo v iných častiach.

Tab. 4.1 Technické parametre stroja [31].

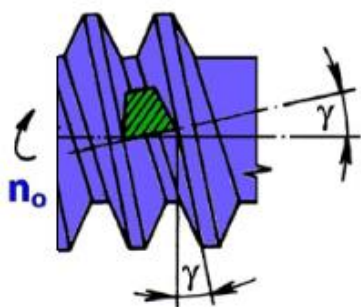
Pracovný priestor	Jednotka	Hodnota
Obežný priemer nad lôžami	[mm]	570
Max. dĺžka sústruženia	[mm]	450
Max. priemer sústruženia	[mm]	280
Max. priechod tyče vretenom	[mm]	φ63
Max. priechod tyče elektrovretenom	[mm]	φ61
Pojazdy osy		
Osy X,Z	[mm]	241/640
Osa Y	[mm]	+50
Rýchlo posuv		
Osy X,Z	[m·min ⁻¹]	30/30
Otáčky		
Max. otáčky elektrovretena	[min ⁻¹]	5000
Max. otáčky protivretena	[min ⁻¹]	6000
Nástrojová hlava		
Počet polôh	[-]	12
Priemer otvoru VDI	[mm]	40
Max. otáčky nástrojového vretena	[min ⁻¹]	4000
Motor vretena – remeňový náhon		
Výkon S1/S6 – 40 %	[kW]	22/33
Motor vretena – elektrovreteno		
Výkon S1/S6 – 40 %	[kW]	20,9/27
Motor vretena – protivreteno		
Výkon S1/S6 – 40 %	[kW]	7,5/11
Motor vretena – nástrojové vreteno		
Výkon S3 – 60 %	[kW]	8

4.1.2 Riadiaci systém v stroji

V tomto prevedení stroja bol použitý riadiaci software SINUMERIK 840D sl od spoločnosti Siemens s.r.o [29]. Prevedenie a používanie tohto programu je veľmi komfortné, pretože programovacie riadky sú už predpripravené spolu s rôznymi cyklami. Používateľ v podstate väčšinou iba vyplňa predpripravené tabuľky s obrázkovými nápovedami. Systém taktiež disponuje kvalitným prevedením simulácie, ktorá mnohokrát výrazne pomôže pri výrobe akejkoľvek súčiastky.

4.2 Popis výroby šnekového hriadeľu

Výroba šnekového hriadeľu bola veľmi náročná. Dôležitým faktorom bolo natočenie neutrálneho nožu typu SVVCN 2525 M16-M-A a upichovacieho nožu typu GFIL 2525 M03 o roztečný uhol stúpania šneku (viz obr. 14, 15). Hodnota natočenia je rovná $\gamma \cong 5,7^\circ$ (viz tab 1.2). Obr. 14 vysvetľuje dôvod natočenia nožov, pokiaľ by neboli natočené o patričný uhol stúpania šneku, došlo by k spriečeniu častí hrán nožu s vytvoreným profilom zubu šneku. Inak povedané, osa nožu musí byť rovnobežná s bočnou krivkou skrutkovice [1; 3].



Obr. 14 Znáznornenie natočenia noža [1].



Obr. 15 Natočenie nožov pomocou uhlovej podložky.

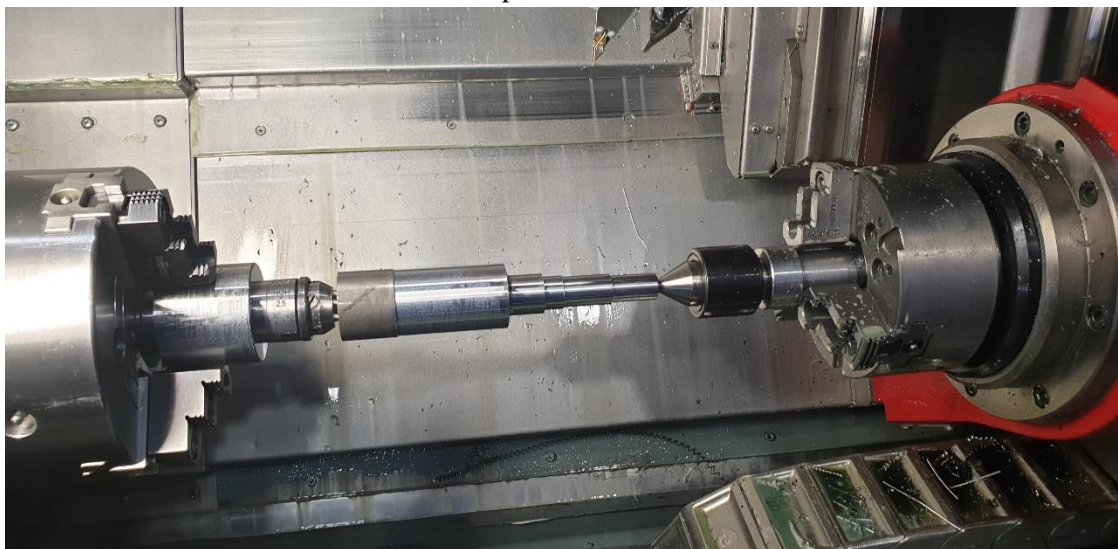
Zobrazenie výroby šnekového hriadeľu je uvedené v nasledujúcom obrázkovom postupe:



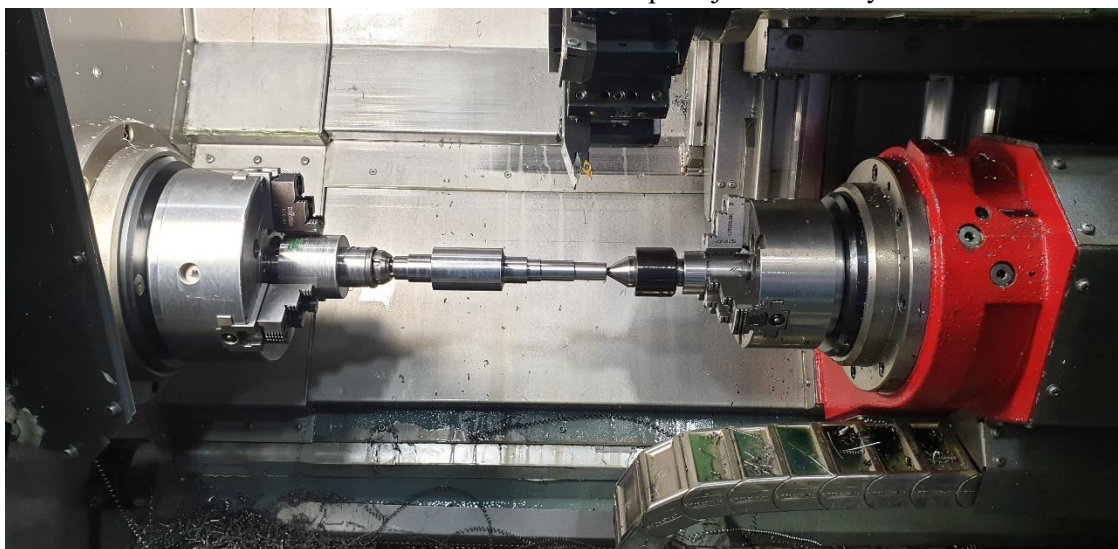
Obr. 16 Rezanie polotovaru.



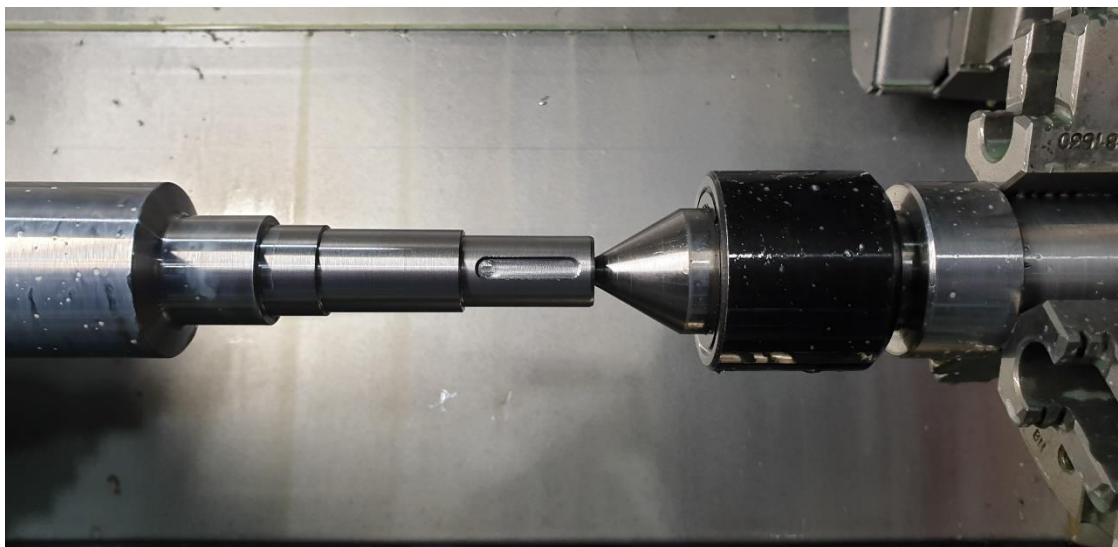
Obr. 17 Upnutie medzi hrotmi.



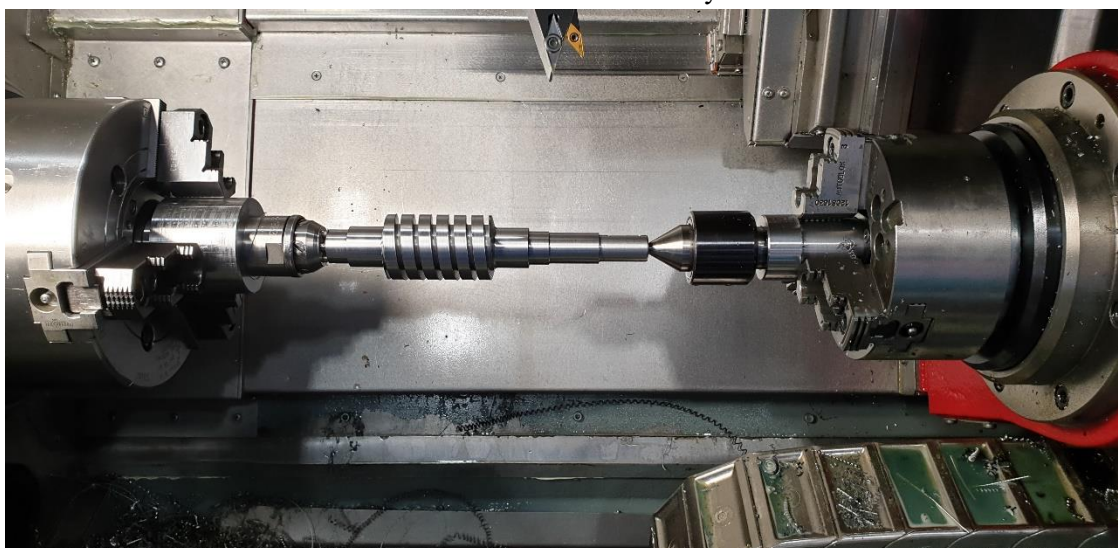
Obr. 18 Hrubovanie a dokončenie pravej časti kontúry.



Obr. 19 Hrubovanie a dokončenie ľavej časti kontúry.



Obr. 20 Frézovanie drážky.



Obr. 21 Výroba šneku.



Obr. 22 Vyrobený šnekový hriadeľ.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE VRÁTANE EKOLÓGIE

Vzhľadom k riešenej téme sú vytvorené rozborý týkajúce sa technicko-ekonomického zhodnotenia. Konkrétne vyčíslenia a výsledky sú uvedené v nasledujúcich podkapitolách. Podobne je vytvorené aj ekologické hľadisko, ktoré popisuje možné problémy týkajúce sa napríklad znečistenia, alebo dopadu na ľudské zdravie.

5.1 Výrobné náklady

Náplňou tejto podkapitoly je uviesť výrobné náklady pri výrobe jedného kusu šnekového hriadeľu. Strojné časy sú použité z reálnej výroby. Keďže výroba sa týkala len jedného kusu, nebola vykonaná optimalizácia rezných rýchlostí, posuvov alebo šírky záberu ostria. V strojných časoch je započítaná aj výmena obrobku. Jednotlivé údaje sú zobrazené v tabuľke 5.1. Výrobné náklady boli spočítané pomocou vzťahu (1.1) a celkové výrobné náklady podľa vzťahu (1.2) [32; 33].

$$Y_V = 60^{-1} \cdot b \cdot t_{AS} \quad (1.1)$$

kde: Y_V – výrobné náklady za pracovníka [€]

b – mzda pracovníka na hodinu práce [€·hod⁻¹]

t_{AS} – strojný čas [min]

$$Y_{Vc} = \sum_{i=1}^n Y_{Vi} = 60^{-1} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot t_{ASi} \quad (1.2)$$

kde: Y_{Vc} – celkové výrobné náklady [€]

i – poradie stroju [-]

Y_{Vi} – výrobné náklady za pracovníka [€]

b_i – mzda pracovníka na hodinu práce [€·hod⁻¹]

t_{ASi} – strojný čas [min]

Tab. 5.1 Výrobné náklady.

Č. p.	Použitý stroj	Strojné časy [min]	Mzda pracovníka [€·hod ⁻¹]	Výrobné náklady za pracovníka [€]
1.	Sústružnícke centrum SP 180 SY	17,92	6	1,792
2.	Pásová píla BOMAR 320.250 G	1,25	4	0,083

Celkové výrobné náklady pri výrobe jedného kusu sú $Y_{Vc} = 1,875$ €.

5.2 Spotreba elektrickej energie

Spotreba elektrickej energie, spolu s celkovou cenou za spotrebované kWh sú zobrazené v tabuľke 5.2. Pri výpočtoch je uvažovaná priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie a to $k=0,1295$ €/kWh. Táto hodnota je aktuálna k dátumu 1.1.2019 v rámci Slovenskej republiky. Spotreba elektrickej energie bola spočítaná pomocou nasledujúceho vzťahu (1.3) a cena za spotrebu podľa vzťahu (1.4) [34]. Celková cena za spotrebu je spočítaná podľa vzťahu (1.5). Uvedené hodnoty sa vzťahujú len pre výrobu jedného kusu.

$$E = 60^{-1} \cdot P_p \cdot t_{AS} \quad (1.3)$$

kde: E – spotreba elektrickej energie [kWh]

P_p – príkon stroju [kW]

t_{AS} – strojný čas [min]

$$Y_E = E \cdot k = 60^{-1} \cdot P_p \cdot t_{AS} \cdot k \quad (1.4)$$

kde: Y_E – cena za spotrebu [€]

E – spotreba elektrickej energie [kWh]

k – priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie [€/kWh⁻¹]

P_p – príkon stroju [kW]

t_{AS} – strojný čas [min]

$$Y_{Ec} = \sum_{i=1}^n Y_{Ei} = k \cdot \sum_{i=1}^n E_i = 60^{-1} \cdot k \cdot \sum_{i=1}^n P_{Pi} \cdot t_{ASi} \quad (1.5)$$

kde: Y_{Ec} – celková cena za spotrebu [€]

i – poradie stroju [-]

Y_{Ei} – cena za spotrebu [€]

E_i – spotreba elektrickej energie [kWh]

k – priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie [€/kWh⁻¹]

P_{Pi} – príkon stroju [kW]

t_{ASi} – strojný čas [min]

Tab. 5.2 Cena za spotrebu a spotreba elektrickej energie.

Č. p.	Použitý stroj	Príkon stroju [kW]	Strojné časy [min]	Spotreba elektrickej energie [kWh]	Cena za spotrebu [€]
1.	Sústružnícke centrum SP 180 SY	22	17,92	6,57	0,851
2.	Pásová píla BOMAR 320.250 G	1,1	1,25	0,023	0,003

Výsledná cena za spotrebu pri výrobe jedného kusu je teda rovná $Y_{Ec} = 0,854$ €.

5.3 Celkové náklady

Výsledné celkové náklady na výrobu šnekového hriadeľu sú spočítané pomocou vzťahu (1.6). Prehľad jednotlivých nákladov je zobrazený v tabuľke 5.3.

$$Y_C = Y_{Vc} + Y_{Ec} = 60^{-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n b_i \cdot t_{ASi} + k \cdot \sum_{i=1}^n P_{Pi} \cdot t_{ASi} \right) \quad (1.6)$$

kde: Y_C – celkové náklady [€]

Y_{Vc} – celkové výrobné náklady [€]

Y_{Ec} – celková cena za spotrebu [€]

i – poradie stroju [-]

b_i – mzda pracovníka na hodinu práce [€·hod⁻¹]

t_{ASi} – strojný čas [min]

k – priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie [€·kWh⁻¹]

P_{Pi} – príkon stroju [kW]

Tab. 5.3 Prehľad nákladov na výrobu jedného kusu.

Č.	Typ nákladov	Hodnota [€]
1.	Celkové výrobné náklady	1,875
2.	Celková cena za spotrebu	0,854
3.	Celkové náklady	2,729

V prípade, že by sa jednalo o sériovú výrobu (viz podkapitola 2.4), hodnoty jednotlivých nákladov by vyzerali takto (viz tabuľka 5.4). Celkové náklady na výrobu $a=21500$ kusov sú spočítané pomocou vzťahu (1.7).

$$Y_{Cs} = a \cdot (Y_{Vc} + Y_{Ec}) = 60^{-1} \cdot a \cdot \left(\sum_{i=1}^n b_i \cdot t_{ASi} + k \cdot \sum_{i=1}^n P_{Pi} \cdot t_{ASi} \right) \quad (1.7)$$

kde: Y_{Cs} – celkové náklady na celú sériu [€]

a – počet kusov v sérii [-]

Y_{Vc} – celkové výrobné náklady [€]

Y_{Ec} – celková cena za spotrebu [€]

i – poradie stroju [-]

b_i – mzda pracovníka na hodinu práce [€·hod⁻¹]

t_{ASi} – strojný čas [min]

k – priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie [€·kWh⁻¹]

P_{Pi} – príkon stroju [kW]

Tab. 5.4 Prehľad nákladov na výrobu 21500 kusov.

Č.	Typ nákladov	Hodnota [€]
1.	Celkové výrobné náklady	40312,5
2.	Celková cena za spotrebu	18361
3.	Celkové náklady	58673,5

5.4 Ekologické hľadisko

Výrazný vplyv na ekologické hľadisko má rezná kvapalina. Vplyvom vysokých teplôt je rezné médium odparované do prostredia v ktorom sa nachádza obsluha. Taktiež je obsluha pri práci v priamom kontakte s kvapalinou. Práve z týchto dôvodov musí byť rezná kvapalina zdravotne nezávadná. Ďalšími požiadavkami sú chladiaci, mazací, čistiaci účinok. Aby boli dosiahnuté tieto vlastnosti, musí byť vhodné zloženie týchto kvapalín.

V tomto prípade bola použitá viacúčelová emulzia na široké spektrum kovov. Jedná sa o sústavu dvoch nerozpustných kvapalín (voda a olej). Všetky emulzie je nutné dopĺňať, kontrolovať a po určitom čase úplne vymeniť. Je to najmä z dôvodu spomínanej zdravotnej nezávažnosti. [35]

Ďalším hľadiskom je odovzdávanie triesok v zberných košoch. Keďže obrobená trieska ešte obsahuje reznú kvapalinu, môže pri jej prenose do zberných košov dôjsť ku kontaminácii okolia, alebo môže kontaminovať okolie pri jej ďalšom uskladnení. Preto je kladený dôraz na dobrý stav rezného média, respektíve na jeho ekologickú odbúrateľnosť.



Obr. 23 Obrábanie s reznou kvapalinou [36].



Obr. 24 Nádoba s reznou kvapalinou [37].

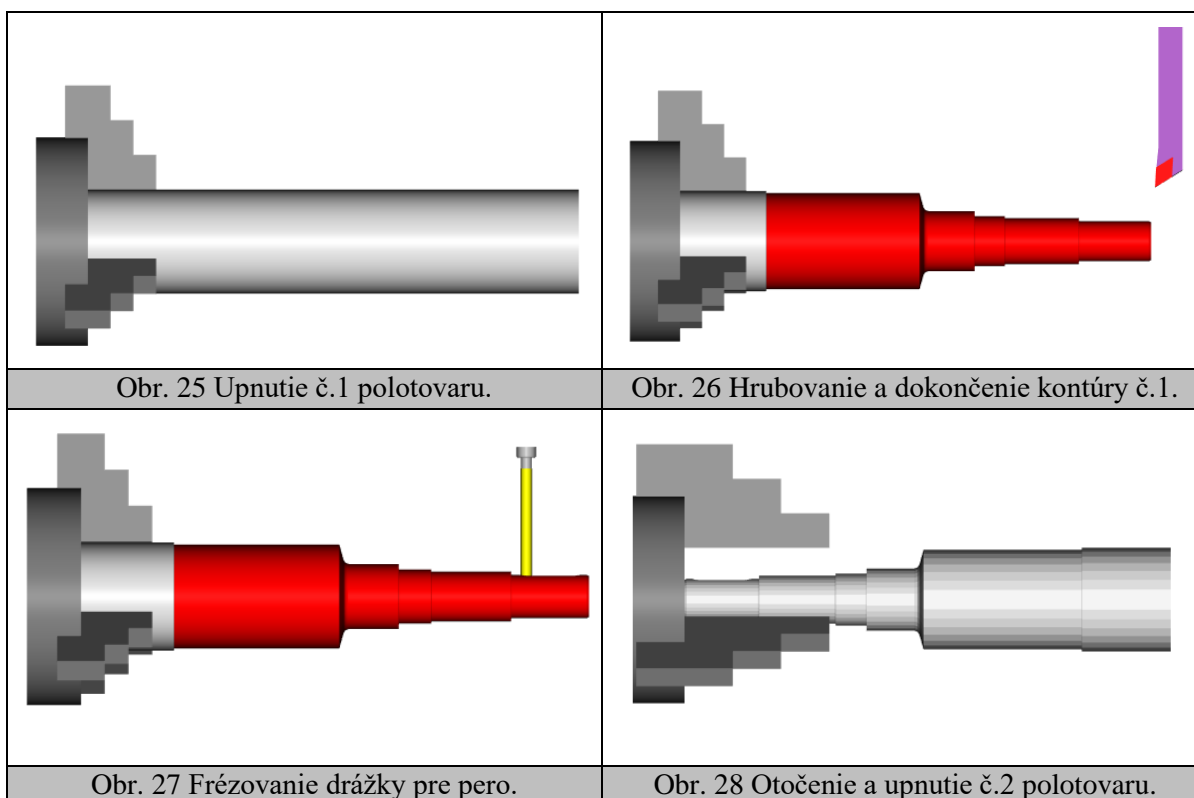
6 DISKUSIA

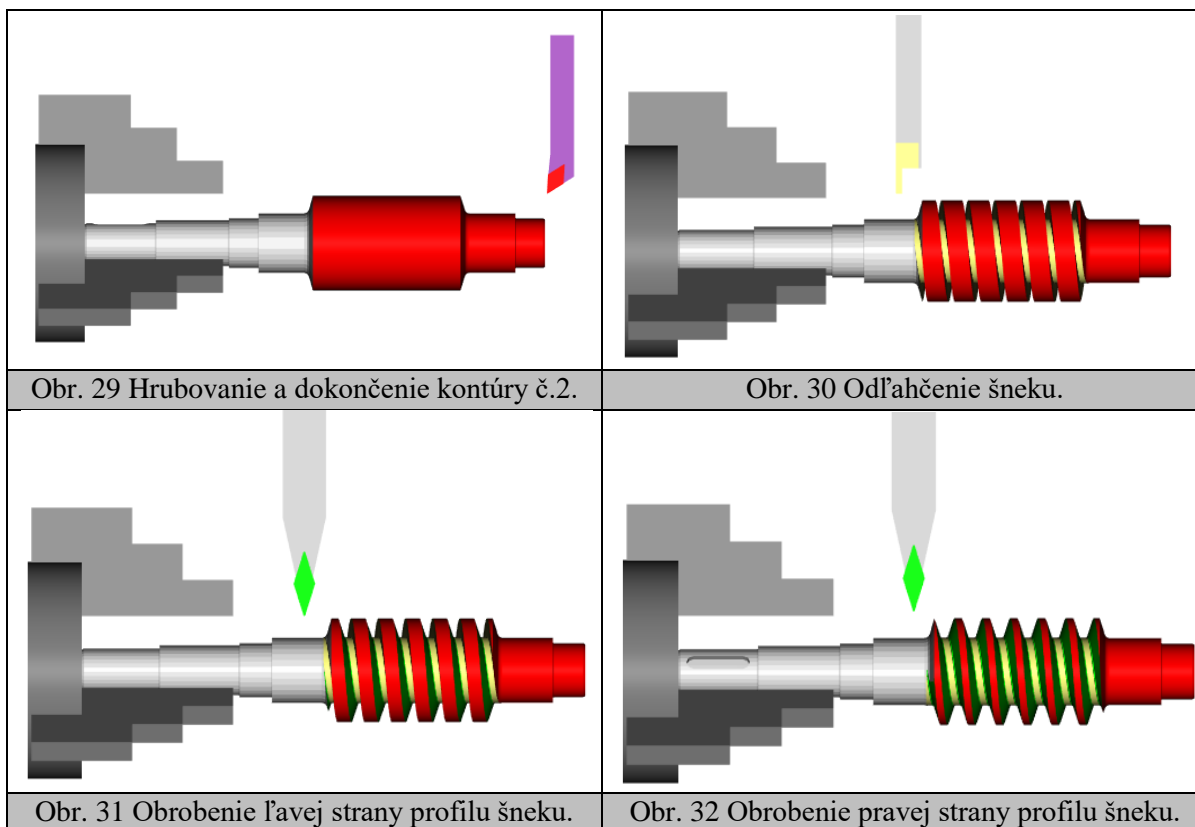
Na základe uvedených poznatkov je možné vyrobiť šnekový hriadeľ rôznymi spôsobmi. Vzhľadom k tomu, že výroba prebehla na sústružníckom centre, sú alternatívy a vylepšenia popísané priamo pre technológiu sústruženia. K vylepšeniu výroby by mohlo prispieť vytvorenie sústružníckeho nožu (tvarového), ktorého tvar by priamo odpovedal profilu zubu, a taktiež by bol natočený o požadovaný uhol stúpania šneku. Výroba tohto nožu by nebola najlacnejšia záležitosť, pretože by sa musel vyrobiť „na zákazku“. Taktiež navrhnutie a výroba nástrojov patrí medzi veľmi náročné postupy. Pokiaľ by však výroba a použitie priniesla skrátenie výrobných časov napríklad na polovicu, tvarový nôž by určite našiel svoje uplatnenie. Samozrejme jedná sa opäť o sériovú výrobu. Pokiaľ by mal byť vyrobený len jeden kus šnekového hriadeľa, ako je to v tomto prípade, výroba tvarového nožu by bola zbytočná a neekonomická, pretože by sa jednalo o jednoúčelový nástroj.

6.1 Alternatívne prevedenie výroby

Vyrobenie vzorku šnekového hriadeľa by bolo možné dosiahnuť nasledujúcim postupom. Obr. 25 až 32 znázorňujú simuláciu obrábania. Odlišnosť od predošlého prevedenia je, že výroba prebieha na 2 upnutia. Tento postup je výhodnejší z hľadiska použitia nástrojov – nie sú potrebné pravé nože. Na druhej strane však môže dôjsť k vzniku excentricity, alebo vzniku obvodového hádzania pri opakovanom upínaní.

Poznámka: Simulácia bola prevedená v software HMIoperate Turn. Pri otáčaní dielu v programe je nahratý miesto polotovaru, STL súbor konečnej fázy 1. upnutia (viz obr. 27, 28). Rozovretie čelustí je závislé na priemere polotovaru. Preto na obr. 28 až 32 sú čeluste rozovreté na tento priemer, a nie na uchopovací priemer. Taktiež, ako je spomenuté v kapitole 3.4, nebolo možné zobraziť koník, ktorý v programe je povolený.





6.2 Použitý materiál pre vyrobenú vzorku

Výkresová dokumentácia šnekového hriadeľa predpisuje materiál typu C45E. Jedná sa o nelegovanú ocel' k zušľacht'ovaniu. Keďže vyrobená vzorka je poňatá len ako teoretická učebná pomôcka, nebolo nutné ju vyrobiť z daného materiálu, ani následne zušľacht'iť a povrchovo zakaliť. Vzorka bola tým pádom vyrobená z nelegovanej konštrukčnej oceli typu E295 [38]. Prehľad chemického zloženia jednotlivých ocelí je uvedený v tabuľke 6.1 a prehľad mechanických vlastností v tabuľke 6.2. Podrobné vlastnosti oceli C45E sú v prílohe 10.

Tab. 6.1 Chemické zloženie ocelí [38; 39; 40].

-	Chemické zloženie ocele C45E v [hmot. %]							
Prvok	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr max.	Mo max.	Ni max.
Hodnota	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,0350	0,040	0,45	0,13	0,45
-	Chemické zloženie ocele E295 v [hmot. %]							
Prvok	P max.		S max.			N max.		
Hodnota	0,045		0,045			0,012		

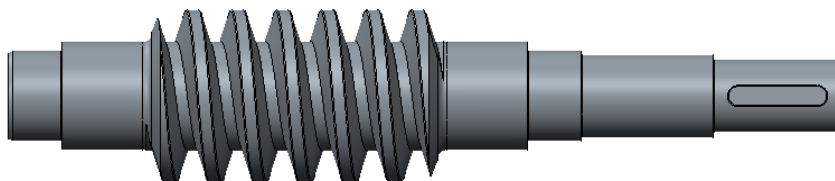
Tab. 6.2 Mechanické vlastnosti ocelí [39; 41].

-	Mechanické vlastnosti ocele C45E v zušľachtenom stave pre ϕ (40 < d ≤ 100)				
Vlastnosť	R_e min [MPa]		R_m [MPa]	A min [%]	Z min [%]
Hodnota	370		630-780	17	45
-	Mechanické vlastnosti ocele E295				
Vlastnosť a rozsah	R_e min [MPa] pre hrúbku 40 < t ≤ 63		R_m [MPa] pre hrúbku 3 < t ≤ 100	A min [%] pre hrúbku 40 < t ≤ 63	
Hodnota	285		470-610	19	

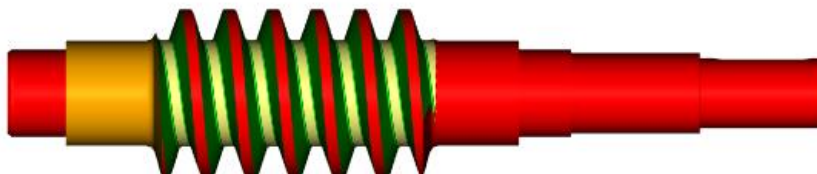
ZÁVER

Témou a cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť technologický postup pre univerzálne stroje a zároveň vytvoriť jeho nadstavbu pre CNC stroje. Dosiahnuté závery sú popísané v nasledujúcich bodoch:

- Šnekový hriadeľ bol úspešne vyrobený, spolu s vytvorením technologického postupu pre univerzálne stroje a jeho vyššou nadstavbou pre CNC stroje.
- Z teoretických poznatkov je známe, že pri výrobe šneku je nutné natočiť sústružnícky nôž o uhol stúpania šneku. Jedná sa o parameter, ktorý je nevyhnutný pre uskutočnenie výroby. Pokiaľ by sústružnícky nôž nebol natočený, došlo by k jeho kontaktu s profilom zubu. V tomto prípade bolo natočenie uskutočnené pomocou uhlovej podložky.
- Jednotlivé simulácie obrábania boli vytvorené a odsimulované. Dôležitým poznatkom je, že pri simulovaní sústruženia oblasti šneku nebolo nutné poznamenať natočenie sústružníckych nožov. Tým pádom by podľa správnosti mali byť vygenerované chybové hlásenia o tom, že došlo ku kontaktu nožu s profilom zubu šneku, alebo aspoň upozornenie na tento kontakt. V tomto prípade tieto chybové hlásenia neboli vygenerované pri hodnotách šírky záberu ostria menších, alebo rovných ako $a_p = 0,2$ mm.
- Z predošlého bodu teda vyplýva, že simulátor nevygeneroval chybové hlásenie. Na jednej strane sa jedná o výhodu, pretože bolo možné simuláciu vykonať. Na strane druhej, pokiaľ by neboli dostatočné znalosti o šnekových ozubeniach na patričnej úrovni, došlo by k tomu, že v reálnej výrobe by neboli natočené sústružníckce o patričný uhol stúpania šneku, a tým pádom by mohlo dôjsť k poškodeniu nástroju, v horšom prípade stroju.
- Programovanie v simulátoroch je iné ako programovanie v reálnej výrobe. Iné je v tom, že simulátory zväčša nie sú limitované ničím, teda vezmú akékoľvek hodnoty otáčok, posuvov, šírky záberov ostria a rozmerov. V reálnej výrobe tomu tak nie je. Človek pracujúci pri obrábacom stroji, musí mať dostatočné skúsenosti a znalosti pri voľbe rezných podmienok, obzvlášť dobré znalosti v oblasti programovania (v prípade, že sa jedná o CNC stroj) a v neposlednom rade musí dokonale poznať stroj na ktorom pracuje, a čo za výsledok môže byť dosiahnutý.
- Dôležitým poznatkom teda je to, že aj keď napríklad v simulácii prebehne všetko bez akýchkoľvek problémov, nemusí tomu tak byť pri reálnej výrobe. Daný poznatok ovplyvňujú mnohé aspekty od aktuálneho stavu stroja (napríklad sa jedná o hádzanie vretena), nástroja (nástroj nie je dostatočne ostrý) až po chladenie atď.
- Taktiež je dôležité poznamenať, že ak v simulácii došlo napríklad k zasiahnutiu skľučovadla, alebo kolízií rychloposuvu nástroju s obrobkom a je jasné, že v reálnej výrobe k tomu nedôjde, môže byť pripravený program poslaný do stroja. Tomuto rozhodnutiu práve odpovedajú dostatočné skúsenosti a znalosti v oblasti programovania CNC strojov.
- Obrázkové výstupy z bakalárskej práce (obr. 32, 33, 34)



Obr. 33 3D model šnekového hriadeľu.



Obr. 34 Finálna fáza obrobena šnekového hriadeľu v simulácii.



Obr. 35 Vyrobený šnekový hriadeľ.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HUMÁR, Anton. Technologie I: Technologie obrábění - 2. část. *Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. Brno, 2004 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
- [2] Worm shaft. *GRABCAD COMMUNITY* [online]. c2012 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/worm-shaft--3>
- [3] SHIGLEY, Joseph, Charles MISCHKE a Richard BUDYNAS, Miloš VLK, ed. *Konstruování strojních součástí*. První. V Brně: VUTIUUM, c2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [4] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, c2015. ISBN 978-80-7204-921-9.
- [5] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, c2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
- [6] ISO Bore Tolerance Chart. *R+W COUPLING TECHNOLOGY* [online]. b.r. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: http://cdn2.hubspot.net/hub/237991/file-275934578-pdf/docs/shaft_bore_tolerances.pdf
- [7] Jak fungují závitové posuvy na klasickém soustruhu. *PORTÁL PROFESIONÁLU* [online]. c2014-2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?t=29456>
- [8] JANYŠ, Bohumil. *PŘÍRUČKA SOUSTRUŽNÍKA*. 2. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, c1960.
- [9] BOMAR pásová pila na kov EasyCut 275.230 DG. *BOMAR* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.bomar-pily.cz/katalog/gravitacni-pasove-pily-na-kov/bomar-pasova-pila-na-kov-easycut-275-230-dg-101-180-b1>
- [10] Katalog strojů pro technologické předměty: Univerzální hrotový soustruh. *Ústav strojírenské technologie: Publikace a skripta* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/ssn400na_1.html
- [11] Katalog strojů pro technologické předměty: Vertikální konzolová frézka. *Ústav strojírenské technologie: Publikace a skripta* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/sf2vr_1.html
- [12] PRAMET - soustružnické nože: ISO S, vnější. *PRAMET e-CAT* [online]. 2016 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/default.aspx>
- [13] ZPS - FRÉZOVACÍ NÁSTROJE - katalog. *ZPS* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.zps-fn.cz/root/download/katalogy/zps-fn_catalogue_34_2016.pdf
- [14] BOMAR pilový pás 2720x27x0,9 M42 6/10z. *Pilové pásy a pásové pily na kov* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.fipas.cz/bomar-pilovy-pas-2720x27x09-m42-610z>
- [15] Posuvné měřítko digitální (ABS). *Produkty / Somet katalog* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://katalog.sometteplice.cz/detail.php?id=89865>
- [16] Třmenový mikrometr. *Produkty / Somet katalog* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://katalog.sometteplice.cz/detail.php?id=70511>

- [17] Listové poloměrové šablony. *Produkty / Somet katalog* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://katalog.sometteplce.cz/detail.php?id=14990>
- [18] ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ V PŘÍKLADECH: Výrobní postupy* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, c2013 [cit. 2019-04-16]. ISBN 978-80-248-3014-8. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_003/Technologie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20-%20v%C5%99%C3%ADkladech/03%20Text%20pro%20e-learning/Technologie%20obrabeni%20v%C5%99%C3%ADkladech%2002%20V%C3%9DROBN%C3%8D%20%20POSTUPY.pdf
- [19] *Strojní výroba jednoduchých součástí* [online]. 2004 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/485/Navrh_jednoduchych_tecnologickych_postupu.pdf
- [20] *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství: Federální ministerstvo všeobecného strojírenství*. Praha, 1980.
- [21] Technologická dokumentace [online]. b.r. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/484/Technologicka_dokumentace.pdf
- [22] BOMAR ERGONOMIC 320.250 G. *BOMAR* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.bomar-pily.cz/katalog/gravitacni-pasove-pily-na-kov/bomar-ergonomic-320-250-g-101-020-b1>
- [23] BOMAR pilový pás 2910x27x0,9 M42 6/10z. *FIPAS - Pilové pásy a pásové pily na kov* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.fipas.cz/bomar-pilovy-pas-2910x27x09-m42-610z>
- [24] Karbidová stopková fréza - R216.34-04030-AS08N 1620. *Sandvik Coromant - Nástroje* [online]. c2000-2012 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/Pages/productdetails.aspx?c=R216.34-04030-AS08N%201620>
- [25] Stopkové nástroje T-Max P pro soustružení: DDJNR 2525M 1504. *Sandvik Coromat* [online]. c2000-2012 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/productdetails.aspx?c=ddjnl%202525m%2015&Country=sk#query=%7B%22n%22:%22SimilarProducts%22,%22%22%22TRNG_IND_COR%22,%22r%22:%22%5B%7B%22n%22:%22TIBPAvailability%22,%22v%22:%22%5B%7B%22n%22:%22Available%22%7D%5D%7D%5D,%22c%22:%22%5B%5D%7D
- [26] *Řezná deštička - SANDVIK DNMG 442-PM 4325 - DNMG 15 06 08-PM 4325* [online]. In: . c2016 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://gumrukdeposu.net/en/industrial-products/3037-sandvik-dnmg-442-pm-4325-dnmg-15-06-08-pm-4325.html>
- [27] *Neutrálný nůž SVVCN 2525 - M13* [online]. In: . c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <http://www.imc-companies.com/taegutec/ttkCatalogFiles/illust/230.gif>
- [28] Středící vrtáky: Vrták středící 60°- tvar A. *STIMZET - Nástroje na obrábění kovů* [online]. b.r. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.stimzet.cz/data/csn221110_cz.html

- [29] Soustružnická centra | SP Line: SP 280 SY. Obráběcí stroje, CNC stroje, CNC soustruhy / KOVOSVIT MAS [online]. c2016 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html#main>
- [30] Soustružnická centra | SP Line: SP 280 SY - Základní koncepce. Obráběcí stroje, CNC stroje, CNC soustruhy / KOVOSVIT MAS [online]. c2016 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html#zakladni-koncepce>
- [31] Soustružnická centra | SP Line: SP 280 SY - Technické parametry. Obráběcí stroje, CNC stroje, CNC soustruhy | KOVOSVIT MAS [online]. c2016 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html#technicaldata>
- [32] HUMÁR, Anton. Technologie I: Technologie obrábění - 1. část. *Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. Brno, 2003 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [33] SEDLÁK, Josef. *Ekonomika obrábění, produktivita a hospodárnost obrábění: Technologie obrábění*. Brno, b.r. Prednáška. VUT Fakulta strojního inženýrství.
- [34] Spotřeba elektrické energie. *Kalkulačka energie* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://kalkulackaenergie.com/jak-na-vypocet-spotreby-elektriny/>
- [35] SEDLÁK, Josef. *Fyzikálne základy procesu řezání, Tvorba třísky, tvorba povrchů: Technologie obrábění*. Brno, b.r. Prednáška. VUT Fakulta strojního inženýrství.
- [36] *Třískové obrábění s řeznými kapalinami* [online]. c1990-2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://filtrace.com/centralni-filtrace-emulzi-a-chladicich-oleju/>
- [37] Chladicí řezná kapalina: Produkty. *BIO - CIRCLE* [online]. c2019 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.bio-circle.cz/produkty/ochrana-mazani/maziva/chladici-rezna-kapalina-mlecna>
- [38] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2. opr. a rozš. vyd.* Brno: CERM, c2002. ISBN 80-720-4248-3.
- [39] Přehled vlastností oceli C45E. *Bohdan Bolzano - ocel v pohybu* [online]. Kladno, c2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_C45.pdf
- [40] E295 - equivalent, chemical composition, properties. *European Steel and Alloy Grades* [online]. c2011-2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=13
- [41] Nelegované konstrukční oceli podle normy ČSN EN 10025-2. *Bohdan Bolzano - ocel v pohybu* [online]. Kladno, c2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP_EN10025-2-prehled-mech-vlast_1.pdf
- [42] Sústruženie: Vymeniteľné rezné doštičky. *PANAS - Rezné nástroje* [online]. 2016 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://panas.sk/storage/app/uploads/public/56e/16e/f31/56e16ef31a36d181481971.pdf>
- [43] Soustružení - PRAMET. *LPS nástroje nářadí* [online]. 2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.naradi-nastroje.eu/prilohy/katalogy/soustruzeni-pramet.pdf>
- [44] Posuvná měřítka: Kinex - katalog. *SOMET - internetový katalóg* [online]. c2019 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: http://katalog.sometteplice.cz/data/upload/files/34598-251236_kinex.pdf

- [45] ZVL - Jednoradové guľkové ložiská. *ZVL Slovakia* [online]. b.r. [cit. 2019-04-25].
Dostupné z: <https://www.zvlbearing-catalog.sk/katalog/tab-1/>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratka	Popis
2D	dvojdimenzionálny
3D	trojdimenzionálny
CNC	(computer numeric control) počítačovo číslicovo riadené
OTK	odborná technická kontrola
STL	stereolithography
VBD	vymeniteľná rezná doštička

Symbol	Jednotka	Popis
a	[-]	počet kusov v sérii
a_p	[mm]	šírka záberu ostria
b	[€·hod ⁻¹]	mzda pracovníka za hodinu práce
f	[mm]	posuv na otáčku
f_z	[mm]	posuv na zub
k	[€]	priemerná cena za 1 kWh elektrickej energie
n	[min ⁻¹]	otáčky
s_v	[mm]	stúpanie vodiacej skrutky
s_z	[mm]	stúpanie závitú (šneku)
t_{AS}	[min]	strojný čas
v_c	[m·min ⁻¹]	rezná rýchlosť
v_f	[mm·min ⁻¹]	rýchlosť posuvu
z_i	[-]	počet zubov ozubeného kolesa (i = 1,2,3,4)
A	[%]	tážnosť
E	[kWh]	spotreba elektrickej energie
KV	[J]	nárazová práca
P_P	[kW]	príkon stroju
R_a	[μm]	stredná aritmetická hodnota drsnosti
R_e	[MPa]	medza klzu
R_m	[MPa]	medza pevnosti
Y_c	[€]	celkové náklady

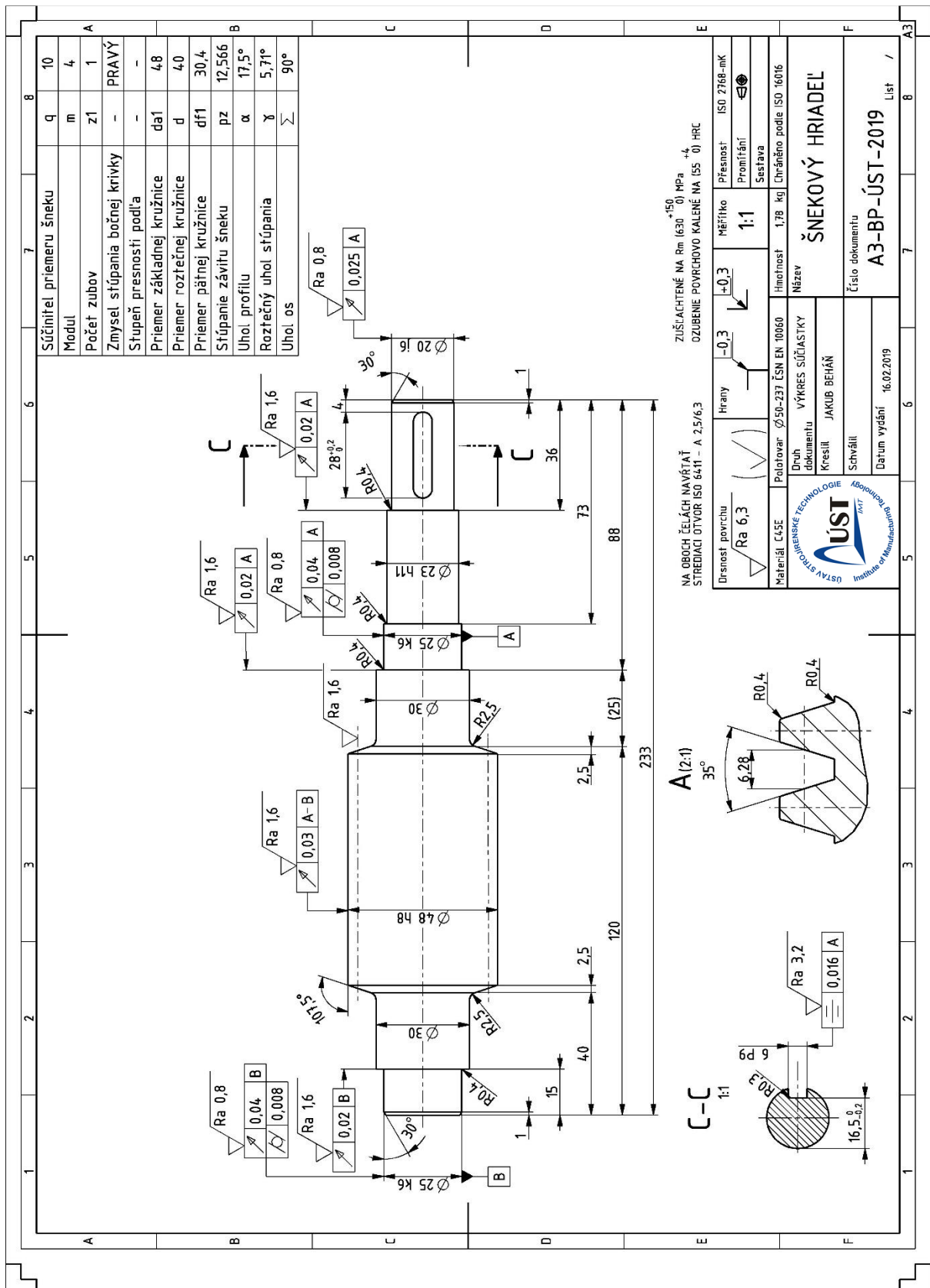
Y_{Cs}	[€]	celkové náklady na celú sériu
Y_E	[€]	cena za spotrebu
Y_{Ec}	[€]	celková cena za spotrebu
Y_V	[€]	výrobné náklady za pracovníka
Y_{Vc}	[€]	celkové výrobné náklady
Z	[%]	kontrakcia
α	[°]	uhol profilu zubu
γ	[°]	roztečný uhol stúpania šneku

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1	Výkres zvolenej súčiastky (šnekový hriadeľ)
Príloha 2	Konečný stav po obrábaní v simulácii
Príloha 3	Systém značenia vymeniteľných rezných doštičiek
Príloha 4	Systém značenia sústružníckych nožov
Príloha 5	Vymeniteľné rezné doštičky s tvarom C
Príloha 6	Upichovacie a zapichovacie nože – DORMET PRAMET katalóg
Príloha 7	Frézy valcové čelné ZPS Frézovací nástroje - katalóg
Príloha 8	Posuvné meradlá KINEX – katalóg
Príloha 9	Jednoradové guľkové ložiská ZVL – katalóg
Príloha 10	Prehľad vlastností oceli C45E

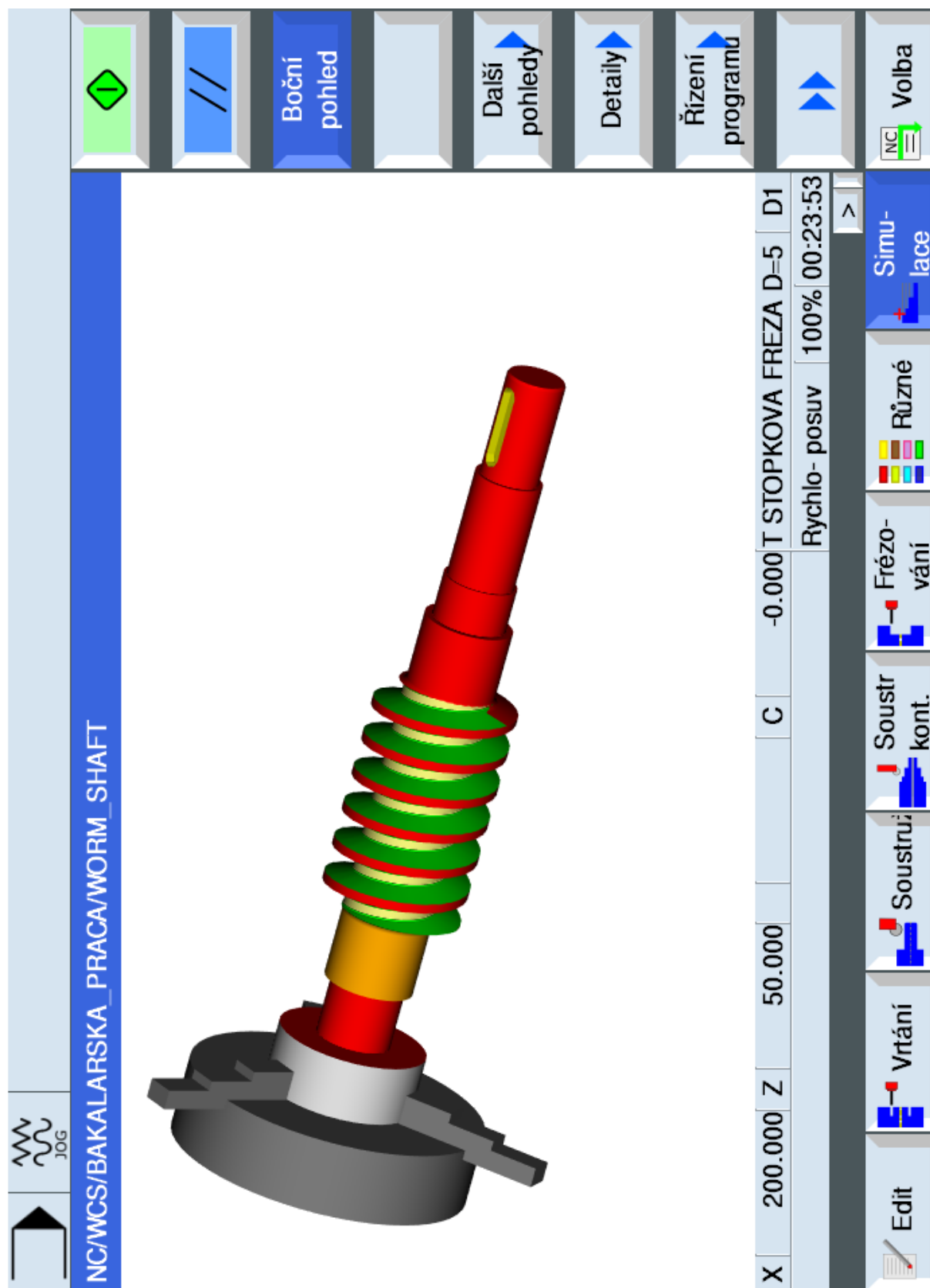
PRÍLOHA 1

Výkres zvolenej súčiastky (šnekový hriadeľ).



PRÍLOHA 2

Konečný stav po obrábání v simulácii.



PRÍLOHA 3 (1/2)

Systém značenia vymeniteľných rezných dosťičiek [42].

2014

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘÍTOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMENITEĽNÝCH REZNÝCH DOŠŤIČIEK

	1 Tvar destičky / Tvar doštičky				2 Úhel hřbetu / Uhol chrbta		4 Provedení / Prevedenie	
ISO C ISO C								
	H	O	P	R	A	B	N	R
ISO D ISO D								
	S	T	C	D	C	D	F	A
	E	M	V	W	E	F	M	G
ISO M ISO M								
	L	A	B	K	G	N	W	T
						Speciální Špeciálny		Speciální Špeciálne
					P	O	Q	X

	ISO kód				ANSI kód			
ISO P ISO P					1	2	3	4
					T	N	U	N
					T	N	M	G
ISO S ISO S					1	2	3	4
					T	N	U	N
					T	N	M	G

	3 Tolerance / Tolerancia						
	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]			
Označení / Označenie	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010	
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005	
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010	
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005	
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010	
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010	
J	0,005	0,025	0,05 ± 0,13	0,0002	0,001	0,002 ± 0,005	
K	0,013	0,025	0,05 ± 0,13	0,0005	0,001	0,002 ± 0,005	
L	0,025	0,025	0,05 ± 0,13	0,0010	0,001	0,002 ± 0,005	
M	0,08 ± 0,18	0,130	0,05 ± 0,13	0,003 ± 0,007	0,005	0,002 ± 0,005	
N	0,08 ± 0,18	0,025	0,05 ± 0,13	0,003 ± 0,007	0,001	0,002 ± 0,005	
U	0,05 ± 0,38	0,130	0,08 ± 0,25	0,005 ± 0,015	0,005	0,003 ± 0,010	

PRÍLOHA 3 (2/2)

System značenia vymeniteľných rezných dosťičiek [42].

2014

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BRITOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMENITELNÝCH REZNÝCH DOSŤIČIEK

5								6		7		
Délka řezné hrany / Dłzka reznej hrany								Tloušťka / Hrúbka		Rádus špičky / Rádus špičky		
d=I.C.	R	S	T	C	D	E	V	W		Označ.	r _ε	
mm	Palce									mm	Palce	
3,97	5/32"			06				07	02			
5,00		05								00	0	0"
5,56	7/32"			09				05	03	02	0,2	
6,00		06								04	0,4	1/64"
6,35	1/4"			11	06	07			04	08	0,8	1/32"
7,94					08			08	13	12	1,2	3/64"
8,00		08								16	1,6	1/16"
9,525	3/8"	09	09	16	09	11		16	06	24	2,4	3/32"
10,0		10								32	3,2	1/8"
12,0		12								Kruhové destičky / Kruhové dosťičky		
12,7	1/2"	12	12	22	12	15			08			
15,875	5/8"	15	15	27	16					d=I.C.	Označ.	
16,0		16								Palce	00	
19,05	3/4"	19	19	33	19					mm	M0	
20,0		20								Kruhové destičky / Kruhové dosťičky		
25,0		25										
25,4	1"	25	25		25							
31,75	1 1/4"	31										
32,0		32										
38,1	1 1/2"	38										

5	6	7	8	9	10
22	04	08			
22	04	08	E	N	- M

5A	6A	7A	8	9	10
4	3	2			
4	3	2	E	N	- M

ANSI kód

Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica		Tloušťka Hrúbka		Rádus špičky Rádus špičky	
	I.C.		S		r_g
Označ.	d = I.C.	Označ.	S	Označ.	r_g
1	3,175 1/8"	1	1,588 1/16"	0	0,050 1/512"
(1.2)	3,969 5/32"	(1.2)	1,984 5/64"	(0.2)	0,099 1/256"
(1.5)	4,763 3/16"	(1.5)	2,381 3/32"	(0.5)	0,198 1/128"
(1.8)	5,556 7/32"	2	3,175 1/8"	1	0,397 1/64"
2	6,350 1/4"	(2.5)	3,969 5/32"	2	0,794 1/32"
(2.5)	7,938 5/16"	3	4,763 3/16"	3	1,191 3/84"
3	9,525 3/8"	(3.5)	5,556 7/32"	4	1,588 1/16"
4	12,700 1/2"	5	7,938 5/16"	5	1,984 5/64"
5	15,875 5/8"	6	9,525 3/8"	6	2,381 3/32"
6	19,050 3/4"	7	11,113 7/16"	7	2,778 7/64"
7	22,225 7/8"	8	12,700 1/2"	8	3,175 1/8"
8	25,400 1"	9	14,288 9/16"	10	3,969 5/32"
10	31,750 1-1/4"	10	15,875 5/8"	12	4,763 3/16"
				14	5,556 7/32"
				16	6,350 1/4"
				x	ostatní

8		9		10	
Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany		Směr posuvu / Smer posuvu		Utvářející / Utvárač	
	F Ostré hrany		E Zaoblené hrany		R Posuv
	T Hrany s fazetkou		S Zaoblené hrany s fazetkou		L Posuv
	K Hrany s dvojitou fazetkou		P Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou		N Posuv
10					
Utvářející / Utvárač					

ISO C

ISO D

ISO M

ISO P

ISO S

ZÁPICHY

ZÁVITY

VBD

VHD

4

SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE

1	2	3	4
Způsob upínání Spôsob upínania	Tvar destičky Tvar dosičky	Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia	Úhel hřbetu Uhol chrbta
<p>C</p> <p>D</p> <p>P</p> <p>M</p> <p>S</p> <p>X</p> <p>G</p>	<p>S</p> <p>T</p> <p>R</p> <p>W</p> <p>L</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>K</p> <p>V</p> <p>X</p> <p>Speciál</p>	<p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p> <p>H</p> <p>I</p> <p>J</p> <p>K</p> <p>L</p> <p>M</p> <p>N</p> <p>O</p> <p>P</p> <p>Q</p> <p>R</p> <p>S</p> <p>T</p> <p>U</p> <p>V</p> <p>W</p> <p>X</p> <p>SPECIAL SPECIÁL</p> <p>Y</p> <p>Z</p>	<p>N</p> <p>$\alpha_n=0^\circ$</p> <p>C</p> <p>$\alpha_n=7^\circ$</p> <p>P</p> <p>$\alpha_n=11^\circ$</p>
5			
Směr řezu Smer rezu			
<p>R</p> <p>L</p> <p>N</p>			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S

6
Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]
08 10 12 16 20 25
32 38 40 45 50 60

7
Šířka držáku [mm] Šířka držiaka [mm]
08 10 12 16 20 25
32 38 40 45 50 60

10
Údaje výrobce Údaje výrobcu
M
Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou
S
Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami

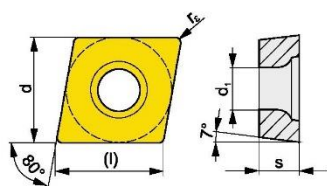
8
Celková délka Celková dĺžka
l_1 [mm]
D 60
E 70
F 80
H 100
J 110
K 125
L 140
M 150
N 160
P 170
Q 180
R 200
S 250
T 300
U 350
V 400
W 450
X Spec.
Y 500

9
Velikost destičky Veľkosť dosičky
d [mm]
S C D V K W T R
6,00
6,35
8,00
9,525
10,00
12,00
12,70
15,875
16,00
19,05
20,00
25,00
25,40
38,10

Vymeniteľné rezné dosťičky s tvarom C [42].

VYMĚNITELNÉ BŘÍTOVÉ DESTIČKY VYMENITELNÉ REZNÉ DOSŤIČKY

CCMT



Velikost Velikost	(l)	d	d ₁	s	
0602	6,4	6,350	2,90	2,38	
0803	8,1	7,940	3,40	3,18	
09T3	9,7	9,525	4,50	3,97	
1204	12,9	12,700	5,60	4,76	

Všechny rozměry / Všetky rozmery v [mm]

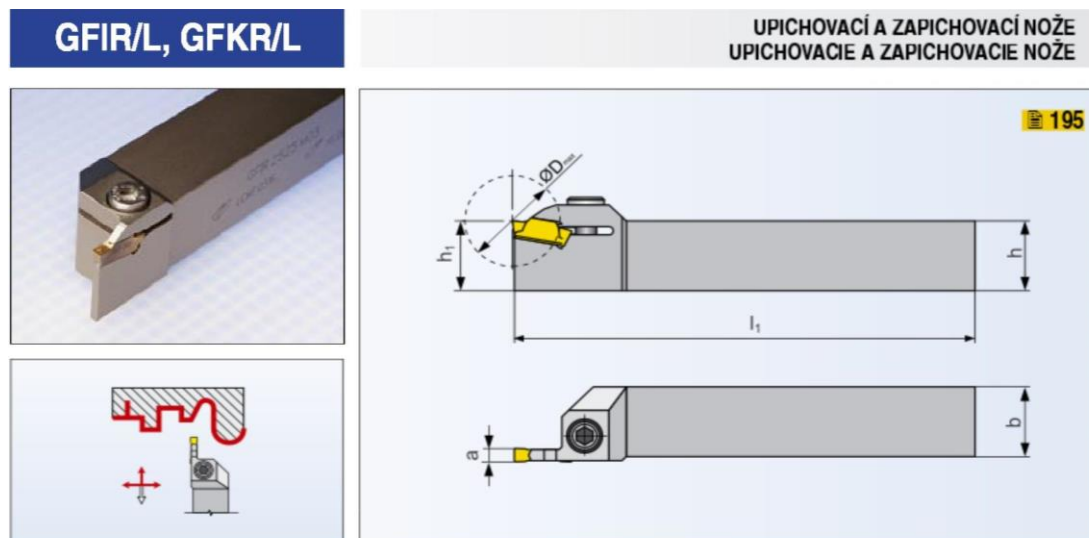
Nástroje viz strana / Nástroje vid' str.: 68-72, 96-98, 126

Utvářející Utvárající	ISO	Materiály										Rádus		Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
		T5305	T5315	T7335	T9310	T9315	T9325	T9335	T8315	T8330	TT010	TT310	r _e	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}
	CCMT 060202E-FF								•	•			0,2	0,05	0,15	0,2	2,0
	CCMT 060204E-FF								•	•			0,4	0,05	0,23	0,4	2,0
	CCMT 09T304E-FF								•	•			0,4	0,05	0,23	0,4	2,0
	CCMT 080302E-FF2					■					■		0,2	0,04	0,15	0,2	1,5
	CCMT 080304E-FF2					■					■		0,4	0,06	0,23	0,4	2,5
	CCMT 060202E-FM		•			•		•	•				0,2	0,08	0,15	0,2	1,0
	CCMT 060204E-FM		•		•	•		•	•				0,4	0,08	0,20	0,4	1,5
	CCMT 060208E-FM				•	•			•				0,8	0,12	0,30	0,8	2,0
	CCMT 09T302E-FM		•			•		•	•				0,2	0,05	0,15	0,2	3,0
	CCMT 09T304E-FM		•		•	•		•	•				0,4	0,10	0,30	0,4	3,0
	CCMT 09T308E-FM		•		•	•		•	•				0,8	0,15	0,35	0,8	3,0
	CCMT 120404E-FM		•		•	•		•	•				0,4	0,10	0,30	0,4	4,0
	CCMT 120408E-FM			•	•	•		•	•				0,8	0,15	0,35	0,8	4,0
	CCMT 120412E-FM				•	•			•				1,2	0,15	0,45	1,2	4,0
	CCMT 080304E-FM2					■	■						0,4	0,15	0,25	0,4	2,7
	CCMT 080308E-FM2					■	■						0,8	0,15	0,40	0,8	4,0
	CCMT 080304E-NF2		■	■		■	■						0,4	0,12	0,25	0,5	3,6
	CCMT 080308E-NF2		■	■		■							0,8	0,17	0,40	1,0	4,0
	CCMT 09T304E-RM	■	■	•		•	•		•				0,4	0,15	0,30	1,0	4,0
	CCMT 09T308E-RM	■	■	•		•	•		•				0,8	0,20	0,40	1,5	4,0
	CCMT 120408E-RM	■	■	•		•	•		•				0,8	0,20	0,40	1,5	4,5
	CCMT 120412E-RM				•	•			•				1,2	0,20	0,50	1,5	4,5
	CCMT 060202E-UR			•		•		•	•		■		0,2	0,08	0,15	0,2	2,0
	CCMT 060204E-UR		■	•		•		•	•		■		0,4	0,08	0,30	0,4	2,0
	CCMT 060204W-UR										■		0,4	0,08	0,30	0,4	2,0
	CCMT 060208E-UR		■			•	•		•				0,8	0,08	0,50	0,8	2,0



PRÍLOHA 6

Upichovacie a zapichovacie nože – DORMER PRAMET katalóg [43].



NŮŽ PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ / NŮŽ PRE VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE

ISO	R/L	Hozměry / Hozmery [mm]										kg	ND	VBD VRD
		h_{set}	b	l_1	a	U_{max}								
GFKR/L 1616 H 02	●/●	16	16	100	2	32						0,30	GL03	LCMF 0220..
GFKR/L 2020 K 02	●/●	20	20	125	2	32						0,40	GL04	LCMF 0220..
GFKR/L 2525 M 02	●/●	25	25	150	2	32						0,60	GL05	LCMF 0220..
GFKR/L 1616 H 03	●/●	16	16	100	3	18						0,30	GL03	LCMF 0316..
GFKR/L 2020 K 03	●/●	20	20	125	3	18						0,40	GL04	LCMF 0316..
GFKR/L 2525 M 03	●/●	25	25	150	3	18						0,60	GL05	LCMF 0316..
GFKR/L 1616 H 04	●/●	16	16	100	4	24						0,30	GL03	LCMF 0416..
GFKR/L 2020 K 04	●/●	20	20	125	4	24						0,40	GL04	LCMF 0416..
GFKR/L 2525 M 04	●/●	25	25	150	4	24						0,60	GL05	LCMF 0416..
GFKR/L 2020 K 05	●/○	20	20	125	5	28						0,40	GL04	LCMF 0516..
GFKR/L 2525 M 05	●/●	25	25	150	5	28						0,60	GL05	LCMF 0516..
GFKR/L 2020 K 06	○/○	20	20	125	6	28						0,40	GL04	LCMF 0616..
GFKR/L 2525 M 06	●/●	25	25	150	6	28						0,60	GL05	LCMF 0616..
GFKR/L 2525 M 08	●/●	25	25	150	8	48						0,70	GL09	LCMF 0830..
GFKR/L 3225 P 08	●/●	32	25	170	8	48						0,70	GL09	LCMF 0830..

NÁHRADNÍ DÍLY / NÁHRADNÉ DIELY

*) Uťahovací momenty viz strana 336-337 / Uťahovací momenty viz strana 336-337

Typ	Šroub* Skrutka*	Klíč Kľúč				
GL03	HS 0616C	HXK 5				
GL04	HS 0620C	HXK 5				
GL05	HS 0625C	HXK 5				
GL09	HSI 1020	HXK 6				

● skladovaný ○ neskladovaný

PRAMET

všechny rozměry v / všetky rozmery v [mm]
Aktuální sortiment je dán platným ceníkem. / Aktuálny sortiment je daný platným cenníkom.

Frézy valcové čelné ZPS Frézovací nástroje – katalóg [13].

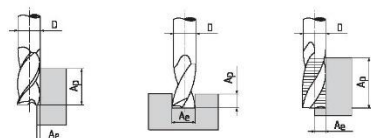
Frézy válcové čelní | dlouhé, 1 břit přes střed, 30°

EN End Mills | long, 1 tooth cut over centre, 30°
DE Schaftfräser | Lang, Zentrumschnitt, 30°
RU Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком | длинные с центрорежущим зубом, 30°

6527L typ N $\lambda=30^\circ$ $\gamma=12^\circ$

S1214

S1214



D _{h 10}	d _{h 6}	l ₁	l ₂	z	S121402	S121412
3	6	57	7	3	.030	.030
3,5	6	57	7	3	.035	.035
4	6	57	8	3	.040	.040
4,5	6	57	8	3	.045	.045
5	6	57	10	3	.050	.050
6	6	57	10	3	.060	.060
8	8	63	16	3	.080	.080
10	10	72	19	3	.100	.100
12	12	83	22	3	.120	.120
14	14	83	22	3	.140	.140
16	16	92	26	3	.160	.160
18	18	92	26	3	.180	.180
20	20	104	32	3	.200	.200

ial	a _p	a _e	v _c	f _z (mm/z)							
				Ø 3	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 18	Ø 20
P.1	≤ 600 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	180	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
P.3	≤ 1100 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	100	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
P.5	≤ 1100 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	80	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
M.1	≤ 750 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	90	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
M.2	750 - 850 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	80	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
K.1	< 240 HB	1,5xD	0,2xD	140	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
K.2	> 240 HB	1,5xD	0,2xD	100	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06
S.1	≤ 1500 N/mm ²	1,5xD	0,2xD	50	0,01	0,02	0,027	0,033	0,04	0,053	0,06

Posuvné meradlá KINEX – katalóg [44].

1 Posuvná měřítka Vernier Callipers

POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ DIGITAL CALLIPER	Katalogové číslo Item No.	Měřicí rozsah Measuring range mm	Numerický krok Reading mm	Code 251236
KINEX	6040	150/40	0,01	150 /6040/
251236				



POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ DIGITAL CALLIPER	Katalogové číslo Item No.	Měřicí rozsah Measuring range mm	Numerický krok Reading mm	Code 251236
KINEX	6040.2	150/40	0,01	150 /6040.2/
251236	6041.2	200/50	0,01	200 /6041.2/
	6042.2	300/60	0,01	300 /6042.2/



POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ S PAMĚTÍ (ABS) DIGITAL CALLIPER WITH MEMORY (ABS)	Katalogové číslo Item No.	Měřicí rozsah Measuring range mm	Numerický krok Reading mm	Code 251236
KINEX	6040.10	150/40	0,01	150 /6040.10/
251236	6040.11	200/50	0,01	200 /6040.11/
	6040.12	300/60	0,01	300 /6040.12/



POSUVNÉ MĚŘÍTKO DO VLHKÉHO PROSTŘEDÍ IP 67 DIGITAL CALLIPER FOR HUMID ENVIRONMENT IP 67	Katalogové číslo Item No.	Měřicí rozsah Measuring range mm	Numerický krok Reading mm	Poznámka Note	Code 251236
KINEX	6040.15	150/40	0,01	IP67	150 /6040.15/
251236	6040.16	200/50	0,01	IP67	200 /6040.16/
	6040.17	300/60	0,01	IP67	300 /6040.17/

IP 67 prachotěsné, ochrana před trvalým ponořením / dustproof, protection against permanent immersion



Jednoradové guľkové ložiská ZVL – katalóg [45].

d (mm)

D (mm)

B (mm)

C (kN)

C₀ (kN)

Označenie ložiska

vyhľadať

Označenie ložiska					Rozmery mm		Základná únosnosť kN		Medzná frekvencia otáčania pre mazanie min ⁻¹			Pripojovacie rozmery mm			Hmotnosť kg	
ST	Z, ZR	2Z, ZZR	RS, RSR	2RS, 2RSR	N	d	B	r _s min	C	C ₀	ZZR	RS, RSR	d _a max	D _a max	r _a max	
16005	-	-	-	-	-	25	47	8	0,30	6,95	14 000	17 000	27	43	0,30	0,053
6005	6005ZR	6005-2ZR	6005RSR	6005-2RSR	-	25	47	12	0,60	5,84	14 000	17 000	28	43	0,60	0,081

PRÍLOHA 10

Prehľad vlastností oceli C45E [39].

Přehled vlastností oceli C45E (C45 R)										1.1191 (1.1201)								
Druh oceli	Nelegovaná ušlechtilá ocel k zušlechťování																	
TDP	ČSN EN 10083-2: 2007. Tato norma obsahuje též ocel C45, klasifikovanou jako jakostní ocel k zušlechťování. Oceli C45 nelze nahradit ušlechtilé oceli C45E popř. C45R. C45 však lze nahradit ocelmi C45E resp. C45R.																	
Dřívější označení	C45E (C45R) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; Ck 45 (Cm 45) podle DIN 17200; 12 050 podle ČSN.																	
Použití	Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu zušlechtěném nebo normalizačně žháném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvárově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k povrchovému kalení plamenem nebo indukci.																	
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni									
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63									
Složení hotového výrobku ²⁾	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45										
Mechanické vlastnosti v zušlechtěném stavu. ³⁾	Průměr mm	R _e min. MPa		R _m MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J								
	d ≤ 16	490		700-850		14		35		-								
	16 < d ≤ 40	430		650-800		16		40		25								
	40 < d ≤ 100	370		630-780		17		45		25								
Mechanické vlastnosti ve stavu normalizačně žháném ³⁾	d ≤ 16	340		min. 620		14		-		-								
	16 < d ≤ 100	305		580		16		-		-								
	100 < d ≤ 250	275		560		16		-		-								
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost (+S)			Žhánáno na měkko (+A)				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)										
	HB max. 255			HB max. 207				HRC min. 55										
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušebního tělesa v mm																	
	Tvrdost v HRC																	
	+H	Mez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25	30
	max	62	61	61	60	57	51	44	37	34	33	32	31	30	-	-	-	-
	min	55	51	37	30	28	27	26	25	24	23	22	21	20	-	-	-	-

Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 10 mm)

Křivky prokalitelnosti

Technologické vlastnosti							
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1150 až 850 °C						
Teplné zpracování	Normalizační žhání °C	Žhání na měkko °C	Isotermické žhání °C	Teplota kalení °C	Kalici prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalením čela °C
	840 až 880	650 až 700	800 až 950 660 -1 hod.	820 až 860	voda nebo olej	550 až 660	850 ± 5
Uvedené podmínky jsou doporučené s výjimkou zkoušky kalením čela (zkouška prokalitelnosti.)							
Teplota kalení při spodní hranici se doporučuje pro kalení do vody a při horní hranici při kalení do oleje. Jako kalici prostředí lze použít i syntetické kapaliny-emulze.							
Obrobitelnost	Obrobitelnost tliskovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížena vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žhánaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel C45R se zvýšeným obsahem S.						
Stříhatelnost	Přichází v úvahu např. při dělení tyčí na vsázkové délky pro zápusťkové kování. Ocel C45 je stříhatelná za studena i ve stavu po válcování u průměrů nad 80 mm.						

¹⁾ obsah síry u oceli C45R je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %.

²⁾ u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně.

³⁾ uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechtění popř. normalizačním žhání) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žháném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP.

R_e –mez kluzu, R_m – pevnost v tahu, A – tažnost (počáteční délka L₀ = 5,65√S₀), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty).

⁴⁾ pro ocel obídanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.